

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยในห้องสถานีจ่ายไฟ

SAFETY SYSTEM AND FIRE SUPPRESSION IN SUBSTATION ROOM



T119413

นายปริญญา ทองอยู่

นายผดุงเกียรติ ผาติเสนาะ

นายวีระเกียรติ ลออรรถพงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119413**
วัน,เดือน,ปี..... 7.5.2554

b. 12/5/2554
i.

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAFETY SYSTEM AND FIRE SUPPRESSION IN SUBSTATION ROOM



Mr. Parin Thongyoo

Mr. Phadungkiat Phatisena

Mr. Weerakiet Laorauttapong

**THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยในห้องสถานีจ่ายไฟ
SAFETY SYSTEM AND FIRE SUPPRESSION IN SUBSTATION ROOM

ผู้จัดทำ นายปริญญา ทองอยู่ 50010924
นายผดุงเกียรติ ผาติเสนะ 50010990
นายวีระเกียรติ ลออรรถพงษ์ 50011509


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยในห้องสถานีจ่ายไฟ

โดย

นายปริญญา ทองอยู่ 50010924

นายผดุงเกียรติ ผาติเสนะ 50010990

นายวีระเกียรติ ลออรรถพงศ์ 50011509

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการออกแบบระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยในห้องสถานีจ่ายไฟเนื่องจาก ห้องสถานีจ่ายไฟ เป็นห้องที่มีความสำคัญสำหรับโรงงานทุกโรงงาน เพราะห้องนี้จะทำหน้าที่ควบคุมในการส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆ ทั้งหมดของโรงงาน ซึ่งภายใน ห้องสถานีจ่ายไฟจะมีอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก ทำให้ไม่สามารถระงับอัคคีภัยด้วยวิธีทั่วไปได้

โดยปฏิญานิพนธ์เล่มนี้ ได้เสนอวิธีการระงับอัคคีภัยโดยใช้ ป้อนสุญญากาศ และระบบ FM-200 ในการระงับอัคคีภัย ในเบื้องต้นเราจะใช้ ป้อนสุญญากาศ เพื่อลดปริมาณของออกซิเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบการเกิดอัคคีภัย ต่อมาถ้าหากอุณหภูมิยังเพิ่มสูงขึ้นจนถึงจุดที่เรากำหนดเราก็จะใช้ระบบ FM-200 ช่วยในการดับเพลิงต่อไป

ในปฏิญานิพนธ์เล่มนี้ ได้ทำการตรวจจับควันและอุณหภูมิ โดยใช้ เซนเซอร์ตรวจจับควัน และ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18S20 จากนั้นระบบจะทำการประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877) เพื่อควบคุมการส่งสัญญาณแจ้งเตือนและแสดงผลผ่าน Program Visual Basic 6

SAFETY SYSTEM AND FIRE SUPPRESSION IN SUBSTATION ROOM

By

Mr. Parin Thongyoo

Mr. Phadungkiat Phatisena

Mr. Weerakiet Laorauttpong

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Worapong Tangsirat

Academic Year 2010

ABSTRACT

This project is to design safety system and fire suppression for the substation room. Due to the substation room is furnished with all facilities which are vital for a plant, therefore in general way it can not extinguish. In this work, the vacuum pump and FM-200 are used to extinguish fire. Initially the vacuum pump is used to reduce the amount of oxygen. However, if the temperature has still increased, FM-200 system will be operated.

The smoke detector and DS18S20 are used as sensors to detect the smoke and temperature respectively. Microcontroller PIC16F877 is used to control the alert signal and displays the results through the program Visual Basic 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจาก รศ.ดร.วรวงศ์ ตั้งศรีรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ตีมาโดยตลอด ทำให้ผู้จัดทำได้รับความรู้เพิ่มเติมและสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการได้ด้วยดี ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านระบบความปลอดภัยและระบบป้องกันอัคคีภัยเป็นอย่างดี

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้การช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งด้านการเขียนโปรแกรมและสนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ขาดเหลือ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจให้รวมทั้งให้การสนับสนุนเรื่องงบประมาณและอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้

ผู้จัดทำ

นายปริยญาญ์ ทองอยู่

นายผดุงเกียรติ ผาดีเสนะ

นายวีระเกียรติ ลอออรรถพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญาานิพนธ์	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ	1
1.4 รายละเอียดของปริญญาานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้	4
2.1.1 การแบ่งประเภทของเพลิง	6
2.1.2 การป้องกันแหล่งกำเนิดของการติดไฟ	7
2.1.3 การดับเพลิงประเภทต่าง ๆ	8
2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเกิดอัคคีภัย	10
2.2.1 DS 1820 ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์	10
2.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับควัน	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
2.3 อุปกรณ์ระงับและป้องกันการเกิดอัคคีภัย	24
2.3.1 แวคคัมปั้ม (Vacuum Pump)	24
2.3.2.1 ลักษณะของระบบ	25
2.3.2.2 การใช้งานระบบ FM-200	25
2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุม	26
2.4.1 PIC16F877	26
2.5 การสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์	32
2.5.1 การใช้งานพอร์ตอนุกรม RS232	32
2.5.2 แสดงการจัดการ ของคอนเน็คเตอร์ อนุกรมแบบ DB9 และ	
หน้าที่การใช้งานต่างๆ	33
2.5.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์	
ด้วยสาย DB9	34
2.5.4 การทำงานของขาสัญญาณ DB9	35
2.5.5 ระดับสัญญาณของ RS232	35
2.5.6 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)	36
2.5.7 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม	36
2.5.8 การแบ่งลักษณะการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม	38
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	39
3.1 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)	39
3.2 ตัวตรวจจับควัน (Smoke Detector)	40
3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820	41
3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	41
3.5 แวคคัมปั้ม (Vacuum Pump)	43
3.6 แก๊ส FM-200 (Heptafluoropropane) หรือ CF_3HFCF_3	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทที่ 4 การทดลอง	53
4.1 กล่าวนำ	54
4.2 ลำดับขั้นการทดลอง	54
4.2.1 การทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว	54
4.2.2 การทดลองกรณีที่ 2 มีควันทันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ	55
4.2.3 การทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควันทัน	56
4.3 ผลการทดลอง	57
4.3.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว	57
4.3.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 มีควันทันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ	60
4.3.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควันทัน	61
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	64
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	65
ภาคผนวก ก โปรแกรมในการประมวลผลภาพและโปรแกรมควบคุม	66
ภาคผนวก ข เอกสารอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	101
ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน DS1820	101
ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน MAX232	124
เอกสารอ้างอิง	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้	4
รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์และสีของการแบ่งประเภทของเพลิง	7
รูปที่ 2.3 แสดงลำดับขั้นตอนการฉีดเครื่องดับเพลิง	10
รูปที่ 2.4 ลักษณะตัวถังและการจัดขาใช้งานของ DS 1820	11
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820	12
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820	13
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ	15
รูปที่ 2.8 แสดงการแบ่งส่วนในหน่วยความจำรอมขนาด 64 บิต	16
รูปที่ 2.9 แสดงการจัดหาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ DS 1820 ใน 1 – Wire	17
รูปที่ 2.10 แสดงการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเตอร์เฟสร่วมของ DS1820 หลายตัวบนบัส 1 – Wire	18
รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของ smoke detector	19
รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของ smoke detector	20
รูปที่ 2.13 Beam Type Smoke Detector	21
รูปที่ 2.14 Photosensitive Device	22
รูปที่ 2.15 ปุ่มสูญญากาศ	24
รูปที่ 2.16 แก๊ส FM-200	25
รูปที่ 2.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ PIC16F877	28
รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อ RS232	32
รูปที่ 2.19 พอร์ตอนุกรมของ PC DB9 ตัวผู้	32
รูปที่ 2.20 พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB9 ตัวเมีย	33
รูปที่ 2.21 DB9 ตัวผู้ เมื่อมองจากด้านหลัง	33
รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem	34
รูปที่ 2.23 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น	34
รูปที่ 2.24 ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL	35

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
รูปที่ 2.25 สัญญาณการสื่อสารแบบซิงโครนัส	37
รูปที่ 2.26 สัญญาณการสื่อสารแบบอซิงโครนัส	37
รูปที่ 3.1 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)	39
รูปที่ 3.2 ตัวตรวจจับควัน (Smoke Detector)	40
รูปที่ 3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820	41
รูปที่ 3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	43
รูปที่ 3.5 แวกคัมปั้ม (Vacuum Pump)	44
รูปที่ 3.6 แก๊ส FM-200 (Heptafluoropropane) หรือ CF_3HFCF_3	52
รูปที่ 4.1 กล้อง Control	53
รูปที่ 4.2 การทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว	54
รูปที่ 4.3 การทดลองกรณีที่ 2 มีควันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ	55
รูปที่ 4.4 การทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควัน	56
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิ 0 – 34 °C	58
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิ 35 – 45 °C	58
รูปที่ 4.7 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิ 46 – 70 °C	59
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิมากกว่า 70 °C	59
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองกรณีที่ 2 ช่วงของอุณหภูมิ 0 – 34 °C	60
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิ 0 – 34 °C	61
รูปที่ 4.12 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิ 46 – 70 °C	62
รูปที่ 4.13 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิมากกว่า 70 °C	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิทัลเอาต์พุต	16
ตารางที่ 2.2 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต A	29
ตารางที่ 2.3 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต B	29
ตารางที่ 2.4 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต C	30
ตารางที่ 2.5 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต D	31
ตารางที่ 2.6 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต E	31
ตารางที่ 2.7 ตารางแสดง ขาของ RS 232	34
ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดลองหาค่าความเข้มข้นของแก๊ส โดยวิธี Cup-Burner	46
ตารางที่ 3.2 HFC-227ea (FM-200) Total Flooding Quantity (English Unit)	49
ตารางที่ 3.3 HFC-227ea (FM-200) Total Flooding Quantity (English Unit)	50
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดถึงบรรจุมสาร FM-200 สำหรับ FIKE	51
ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดถึงบรรจุมสาร FM-200 สำหรับ KIDDE	51
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว	57
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 มีควันอย่างเดียว โดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ	60
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควัน	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

สถานีจ่ายไฟฟ้าเป็นห้องที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก โดยห้องนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการส่งจ่ายไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆในโรงงาน ดังนั้นสถานีจ่ายไฟฟ้าจึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้โรงงานสามารถดำเนินกิจกรรมต่างๆได้โดยปกติ

เนื่องจากสถานีจ่ายไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านภายในอุปกรณ์ตลอดเวลาอาจเกิดการขัดข้องหรือลัดวงจร จนนำไปสู่การเกิดอัคคีภัยได้ ซึ่งระบบป้องกันอัคคีภัยทั่วไปจะใช้น้ำในการระงับอัคคีภัย แต่ในสถานีจ่ายไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าจำนวนมาก หากใช้น้ำในการระงับอัคคีภัยจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ ดังนั้นหากต้องการลดความเสียหายจากน้ำจึงควรเลือกใช้วิธีการระงับอัคคีภัย โดยวิธีอื่น

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เรียนรู้ระบบการแจ้งเตือนและระบบป้องกันอัคคีภัย
2. ศึกษาการใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เรียนรู้การทำงานของ DS1820 และ Smoke Detector เพื่อในประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ Visual Basic ในการแสดงผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ

การศึกษาระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยในสถานีจ่ายไฟฟ้านั้น จำเป็นต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเกิดอัคคีภัยก่อน โดยการที่จะเกิดอัคคีภัยได้นั้นจะต้องมีองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อน เนื่องจากเชื้อเพลิงในที่นี้คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งไม่สามารถนำออกจากห้องได้ จึงจำเป็นต้องกำจัดออกซิเจนภายในห้องแทน โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ในการดูดออกซิเจนและควันออกจากห้อง แต่ถ้าหากอุณหภูมิยัง

เพิ่มสูงขึ้นอยู่จำเป็นจะต้องเพิ่มวิธีที่มีประสิทธิภาพในการระงับอัคคีภัยให้มากขึ้น โดยเลือกใช้สาร FM-200 ซึ่งเป็นสารที่สะอาดปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพสูงในการระงับอัคคีภัยอีกด้วย

การจัดทำโครงการจะเริ่มด้วยการออกแบบวงจร ตรวจสอบอุณหภูมิและควัน ซึ่งควบคุมการทำงานโดย PIC16F877 และเขียนโปรแกรมแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยเลือกใช้เลือกใช้โปรแกรมวิซวลเบสิก (Visual Basic) ซึ่งจะทำการสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม จากนั้นทำการจำลองสถานีจ่ายไฟฟ้าโดยใช้แผ่นอะคริลิกมาประกอบกัน แล้วทำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ แต่ปัญหาที่พบคือ สาร FM-200 มีราคาสูงมากจึงต้องจำลองการปล่อยแก๊สโดยใช้ถังอัดอากาศแสดงการปล่อยแก๊สแทน

1.4 รายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงวัตถุประสงค์ หลักการ ขั้นตอนการศึกษา และการจัดทำโครงการ พร้อมทั้งรายละเอียดของปฏิญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการเกิดเพลิงไหม้ อุปกรณ์ตรวจจับการเกิดอัคคีภัย อุปกรณ์ระงับและป้องกันการเกิดอัคคีภัย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุม และการสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน นำเสนอการออกแบบและการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ป้องกันและระงับการเกิดเพลิงไหม้ การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม รวมถึงแนวคิดในการออกแบบระบบควบคุม

บทที่ 4 การทดลอง กล่าวถึงการทดลองระบบของห้องจำลอง และแสดงผลจากการทดลองระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา



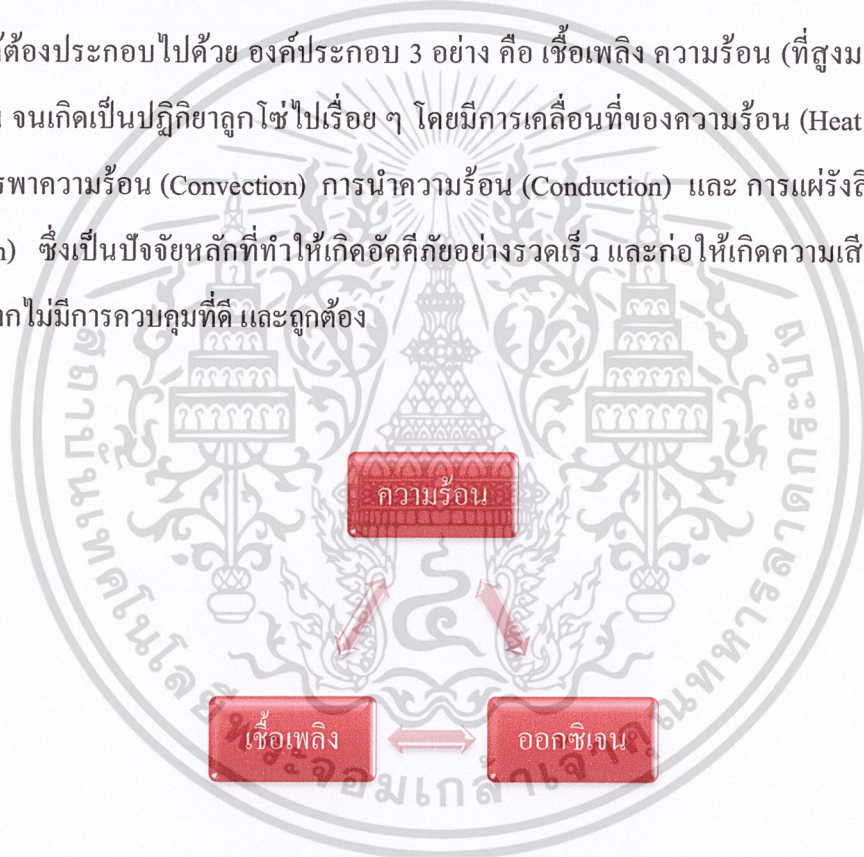
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการเกิดเพลิงไหม้

เพลิงไหม้ เกิดจากการสันดาป (Combustion) คือ ปฏิกิริยาทางเคมี ที่เกิดจากการรวมตัวของ เชื้อเพลิงกับออกซิเจน ซึ่งเป็นผลให้เกิดความร้อนและแสงสว่างกับสภาพการเปลี่ยนแปลง ซึ่ง ไฟที่เกิดขึ้น ได้ต้องประกอบไปด้วย องค์ประกอบ 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง ความร้อน (ที่สูงมาก ๆ) และ ออกซิเจน จนเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ไปเรื่อย ๆ โดยมีการเคลื่อนที่ของความร้อน (Heat Transfer) ได้แก่ การพาความร้อน (Convection) การนำความร้อน (Conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดอัคคีภัยอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรง หากไม่มีการควบคุมที่ดี และถูกต้อง



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของการเกิดเพลิงไหม้

เชื้อเพลิง คือ สิ่งที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้มาจากสารเคมี ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ สารอนินทรีย์ และอินทรีย์เคมี โดยสารอนินทรีย์ เป็นสารจำพวกแร่ธาตุที่ไม่ได้เกิดจากสิ่งมีชีวิต และไม่มี ส่วนประกอบของคาร์บอน (C) ส่วนสารอินทรีย์ เป็นสารที่มาจากสิ่งมีชีวิต มีส่วนประกอบของธาตุ คาร์บอนอยู่เสมอ ซึ่งเป็นสารไวไฟ

ความร้อน เป็นสิ่งที่ทำให้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงสูงขึ้นเมื่อถึงจุดติดไฟ (Ignition Point) ทำให้องค์ประกอบของการเกิดไฟ (ปฏิกิริยาสันดาป) เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดย่อมจะมีจุดติดไฟไม่เหมือนกัน เช่น เชื้อเพลิงเหลวอาจมีจุดติดไฟมากกว่าเชื้อเพลิงแข็ง โดยสามารถแยกคุณสมบัติของความร้อนที่ทำให้เชื้อเพลิงถึงจุดติดไฟต่าง ๆ ได้คือ

- จุดวาบไฟ (Flash Point) เป็นจุดที่มีปริมาณความร้อนเพียงพอให้เชื้อเพลิงเหลวหรือแข็งใด ๆ คายไอหรือกลายเป็นไอเข้าผสมกับอากาศอย่างได้สัดส่วน และการเกิดลูกไหม้วาบขึ้นชั่วขณะแล้วก็ดับไป เพราะอัตราการระเหยของสารเชื้อเพลิงจากของแข็งหรือของเหลวน้อยเกินกว่าที่จะทำให้เกิดเปลวไฟอย่างต่อเนื่อง
- จุดลุกติดไฟ (Fire Point) เป็นจุดที่มีปริมาณความร้อนเพียงพอให้เชื้อเพลิงเหลวหรือแข็งใด ๆ คายไอหรือกลายเป็นไอเข้าผสมกับอากาศอย่างได้สัดส่วน และการเกิดลูกไหม้ขึ้นเมื่อมีเปลวไฟหรือประกายไฟที่เหมาะสม และเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องโดยปกติ และจุดติดไฟของสารเชื้อเพลิงจะสูงกว่าจุดวาบไฟมากหรือน้อยขึ้นกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงนั้น ๆ
- จุดลุกติดไฟได้เอง (Auto – Ignition Temperature หรือ AIT) เป็นจุดอุณหภูมิที่ทำให้สารเชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ขึ้นได้เอง โดยไม่ต้องอาศัยการจุดติดไฟจากแหล่งภายนอก

ออกซิเจนในบรรยากาศ (Oxygen) โดยทั่ว ๆ ไป บรรยากาศจะมีก๊าซผสมกันอยู่หลายชนิด ซึ่งแบ่งได้ออกเป็น ไนโตรเจน (N_2) 79.04 % ออกซิเจน (O_2) 20.93 % และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 0.03 % โดยออกซิเจนจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ ในการเผาไหม้แต่ละครั้งต้องการออกซิเจนประมาณ 16 % เท่านั้น ถ้ามีออกซิเจนต่ำกว่านั้นไฟจะมอดดับเองได้ ดังนั้นจะเห็นว่าเชื้อเพลิงทุกชนิดถูกล้อมรอบไปด้วยออกซิเจนอย่างเพียงพอสำหรับการเผาไหม้ ยังมีออกซิเจนมากเชื้อเพลิงก็ยิ่งติดไฟดีขึ้น และเชื้อเพลิงบางประเภทมีออกซิเจนในตัวเองอย่างเพียงพอที่จะทำให้ตัวเองลุกไหม้ได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนที่อยู่โดยรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนาการของไฟแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ใ้ระยะเริ่มเติบโต(Growth Period) เป็นระยะแรกเริ่มที่ไฟลุกติดเชื้อเพลิง อยู่ในช่วเวลา 1-2 นาที ความร้อนทำให้วัสดุเชื้อเพลิง คลายไ้ อุณหภูมิในห้องประมาณ 38 °C

2. ช่วงไฟลุกไหม้อย่างต่อเนื่องและเริ่มพัฒนาเป็นไฟใหญ่ หลั้จากลุกไหม้ผ่านมา 4-5 นาที ความร้อนในห้องจะลอยขึ้นสู่เพดาน และม้วนตัวลงด้านล่าง ผสมกับอากาศ แล้วลุกติดไฟลอยไปตามเพดาน อุณหภูมิในห้องประมาณ 700 °C

3. ช่วงไฟลุกไหม้อย่างฉับพลันไปทั่วของควัน/ไอเชื้อเพลิง หลั้จากลุกไหม้ผ่านมา 7-8 นาที เชื้อเพลิงคลายไ้ออกเป็นปริมาณมากเหมาะสมกับสัดส่วนออกซิเจนที่พอดี อุณหภูมิในห้องประมาณ 1,000 °C จึงลุกไหม้ไอเชื้อเพลิงอย่างฉับพลัน

4. ช่วงการลุกไหม้แบบเต็มที จะมีอุณหภูมิ 1,300 °C โดยขึ้นอยู่กับ ปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณ ความหนาแน่น รูปร่าง ตำแหน่งที่ตั้งของเชื้อเพลิง ปริมาณอากาศ สิ่งต่างๆรอบบริเวณนั้น

5. ช่วงไฟเริ่มมอด เมื่อพัฒนาถึงขั้นเต็มทีแล้ว และไม่มีเชื้อเพลิงและขาดออกซิเจนแล้ว ไฟค่อยๆดับลง

2.1.1 การแบ่งประเภทของเพลิง

ประเภทของเพลิง แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามมาตรฐาน NFPA (National Fire Protection Association)

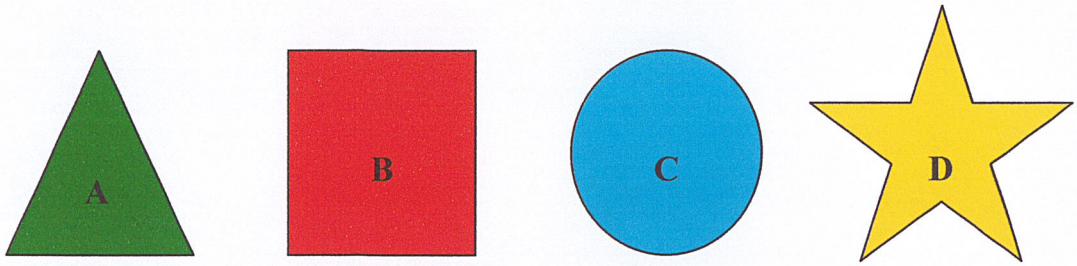
- ประเภทเอ (A) หมายถึง เพลิงที่เกิดจากวัสดุไหม้ไฟโดยทั่วไป เช่น ไม้ กระดาษ ถ่านหิน เป็นต้น เชื้อเพลิงประเภทนี้เมื่อเผาไหม้แล้วจะเกิดเป็นขี้เถ้าเหลืออยู่ (สัญลักษณ์เป็นสามเหลี่ยมพื้นสีเขียวตัวอักษร A สีดำ)

- ประเภทบี (B) หมายถึง เพลิงที่เกิดจากสารเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวและแก๊ส จะไม่มีขี้เถ้าเหลืออยู่ (สัญลักษณ์เป็นสี่เหลี่ยมพื้นสีแดงตัวอักษร B สีดำ)

- ประเภทซี (C) หมายถึง เพลิงที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ (สัญลักษณ์เป็นวงกลมพื้นสีฟ้าตัวอักษร C สีดำ)

- ประเภทดี (D) หมายถึง เพลิงที่เกิดจาโลหะติดไฟ เช่น แมกนีเซียม ไ้ตดาเนียม ลิเทียม เป็นต้น (สัญลักษณ์เป็นรูปดาวพื้นสีเหลืองตัวอักษร D สีดำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์และสีของการแบ่งประเภทของเพลิง

2.1.2 การป้องกันแหล่งกำเนิดของการติดไฟ

การเกิดเพลิงไหม้นั้นเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างความร้อน เชื้อเพลิง และออกซิเจน ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อทราบแหล่งของการเกิดเพลิงแล้ว สิ่งที่สำคัญถัดมาคือการป้องกันไม่ให้แหล่งเกิดความร้อนสูงพอที่จะติดไฟได้ ซึ่งปกติจะควบคุมออกซิเจนได้ยากเพราะมีในบรรยากาศ แต่จะควบคุมไม่ให้ออกซิเจนประกอบทั้ง 2 อย่างที่เหลื่อมมาอยู่ร่วมกันได้ โดยข้อเสนอแนะสำหรับการดูแลป้องกันแหล่งกำเนิดของการติดไฟนั้น อาจทำได้โดยการลดความร้อน และ/หรือการกำจัดหรือป้องกันไม่ให้มีเชื้อเพลิงไปสัมผัสความร้อนได้ สรุปได้โดยคร่าว ๆ ดังนี้

- 1) อุปกรณ์ไฟฟ้า ควรใช้ให้เหมาะสมกับงาน และตรวจสอบอยู่เสมอเพื่อป้องกันการลัดวงจร
- 2) การลดความเสียดทาน อาจใช้สารหล่อลื่นที่ไม่ไวไฟ และเป็นชนิดที่ได้รับการแนะนำจากผู้สร้างอุปกรณ์ เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของฝุ่นซึ่งอาจเป็นเชื้อไฟ
- 3) วัสดุไวไฟชนิดพิเศษ ควรเก็บรักษาให้ถูกต้อง และได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ
- 4) การเชื่อมและการตัดโลหะ ควรจัดแยกจากงานประเภทอื่น ๆ และอยู่ในที่อากาศถ่ายเทสะดวก พื้นต้องเป็นพื้นทนไฟ และไม่จัดวางแหล่งที่สามารถเป็นเชื้อเพลิงไว้มากเกินไป
- 5) การใช้เตาเผาแบบเปิด ควรป้องกันการกระเด็นของประกายไฟ ต้องไม่เก็บสารที่สามารถติดไฟง่ายไว้มากเกินไป และต้องทำงานภายใต้การดูแลอย่างใกล้ชิด
- 6) การสูบบุหรี่ และการจุดไฟ ควรจัดพื้นที่ไว้เฉพาะนอกบริเวณอาคาร และบริเวณที่จัดให้สูบบุหรี่ต้องมีภาชนะรองรับกันบุหรี่ และติดป้ายในพื้นที่ห้ามสูบบุหรี่อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) วัตถุที่ผิวร้อนจัด เช่น ปล่องไฟ ท่อไอน้ำ ไม่ควรติดตั้งผ่านส่วนที่เป็นพื้นหรือเพดาน ควรจัดให้ผ่านผนังทนไฟ หรือท่อหุ้มฉนวนทนไฟ รวมทั้งจัดให้มีอากาศถ่ายเทบริเวณนั้นสะดวกด้วย

8) ไฟฟ้าสถิต โดยประจุไฟฟ้าสถิตส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสีของสารที่ไม่เป็นตัวนำ ซึ่งเมื่อเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าก็จะเกิดประกายไฟ ป้องกันโดยการต่อสายติดกับอุปกรณ์หรือต่อกับวัตถุที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับประจุได้ และรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่ระดับเหมาะสม

9) เครื่องทำความร้อน โดยเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องทำความร้อนควรมีจุดติดไฟที่อุณหภูมิสูง และบริเวณที่ติดตั้งต้องมีอากาศถ่ายเทสะดวก

10) บริเวณที่เก็บสารเคมีที่สามารถลุกไหม้ด้วยตัวเองได้ ควรมีอากาศถ่ายเทสะดวก ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม และวางให้ห่างจากสารเร่งปฏิกิริยาการสันดาป

2.1.3 การดับเพลิงประเภทต่างๆ

หลักการดับเพลิง สามารถทำได้ 4 วิธี คือ

1. การกำจัดเชื้อเพลิง ทำได้โดยการนำเชื้อเพลิงออกไปจากบริเวณเกิดอัคคีภัย และสำหรับกรณีขนถ่ายเอาเชื้อเพลิงออกไปไม่ได้ ควรนำสารอื่นมาเคลือบผิวของเชื้อเพลิง
2. การกำจัดออกซิเจน โดยการปิดกั้นออกซิเจนไม่ให้ไปรวมตัวกับไอของเชื้อเพลิง เช่น ฉีดน้ำหรือสารปกคลุมอื่น ๆ ไปคลุมผิวเชื้อเพลิงหรือฉีดแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ไปคลุมบริเวณเพลิงไหม้ทำให้จำนวนออกซิเจนในอากาศมีปริมาณต่ำลงจนไม่มีการสันดาปอีกต่อไป
3. การลดอุณหภูมิ (ลดความร้อน) เมื่อทำให้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงต่ำลงไปกว่าจุดวาบไฟ แม้จะมีเชื้อเพลิงหรือออกซิเจนผสมอยู่ก็จะไม่เกิดการสันดาป เช่น การใช้น้ำดับไฟ
4. การขัดขวางปฏิกิริยาลูกโซ่ จากการเผาไหม้ที่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง เกิดจากอนุมูลอิสระที่ถูกเหวี่ยงออกไปแล้วกลับเข้าที่ฐานของไฟอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงมีการนิยมนำสารเคมีมาขวางการเกิดปฏิกิริยานี้ เช่น สาร ฮาลอน โดยการฉีดเคลือบแหล่งกำเนิดเพลิง แต่ปัจจุบันได้เลิกผลิตฮาลอนแล้ว โดยมีสารอื่นมาทดแทน เช่น FM – 200

ซึ่งในการดับเพลิงหากใช้สารดับเพลิงที่ถูกต้องตรงกับแหล่งกำเนิดเพลิงแล้ว ก็จะสามารถดับเพลิงได้เร็วยิ่งขึ้น เช่น น้ำเป็นสารดับเพลิงที่เหมาะสมกับเพลิงประเภท A , โฟมสามารถดับเพลิงประเภท B ได้ดี เพราะสามารถฉีดคลุมผิวในการกำจัดออกซิเจนและควบคุมไอของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นประโยชน์ในการค้า
ไม่

นำไฟฟ้าจะใช้ดับเพลิงประเภท C ได้ผลดี และ ก๊าซเฉื่อย จะไปทำปฏิกิริยากับโลหะที่ลุกไหม้และควบคุมไม่ให้เกิดการลุกไหม้ต่อไป

ในการป้องกันเพลิงไหม้นอกจากจะเรียนรู้แหล่งกำเนิดเพลิง ประเภทเพลิง การป้องกันและการใช้อุปกรณ์ดับไฟแล้ว ถ้าเราทำอย่างจริงจังและเรียนรู้อย่างถูกต้องก็สามารถป้องกันการเกิดเพลิงได้บางส่วน ซึ่งเป็นการป้องกันด้วยตัวของเราเอง และด้วยความปลอดภัยที่มากยิ่งขึ้นทางกฎหมายยังบังคับให้ตามสถานที่ต่าง ๆ มีอุปกรณ์ประกอบในการระงับการเกิดเพลิงไหม้อีก ได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณ แบ่งออกเป็น อุปกรณ์ตรวจจับควัน และตรวจจับความร้อน , ชุดควบคุมการเปิดปิดน้ำดับไฟ และตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ , อุปกรณ์กำเนิดเสียงเพื่อเตือนภัย โดยต้องมีความดังไม่น้อยกว่า 100 เดซิเบล ซึ่งวัดจากจุดกำเนิดเสียงอย่างน้อย 1 เมตร และต้องมีเสียงที่แตกต่างไปจากเสียงอื่น ๆ โดยต้องทดสอบประสิทธิภาพการทำงานอย่างน้อยเดือนละครั้ง และทุก ๆ อาคารต้องมีระบบทางหนีไฟตามกฎหมายที่บังคับใช้ เช่น ความกว้างต้องไม่น้อยกว่า 1.10 เมตร และห่างจากสถานที่ทำงานไม่เกิน 15 เมตร เป็นต้น

วิธีใช้เครื่องดับเพลิง

1. ดึง คือดึงสลักออกจากถังดับเพลิงซึ่งจะมีกระดุกงู้อยู่ถ้าดึงไม่ออกให้ใช้การบิดแล้วค่อยดึงสลักก็จะหลุดออกมา
2. ปลด คือการปลดสายฉีดของถังดับเพลิงออกโดยจับบริเวณปลายสายฉีดแล้วดึงออกมาจะออกง่ายกว่าจับบริเวณโคนสาย
3. กด คือการกดคันบีบของถังดับเพลิงเพื่อให้เคมีในถังออกมาใช้ในการดับเพลิง
4. สายคือการนำปลายสายฉีดไปมาเพื่อดับเพลิง ควรฉีดไปยังฐานของเพลิงหรือต้นเพลิงไม่ควรฉีดไปบริเวณเปลวเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



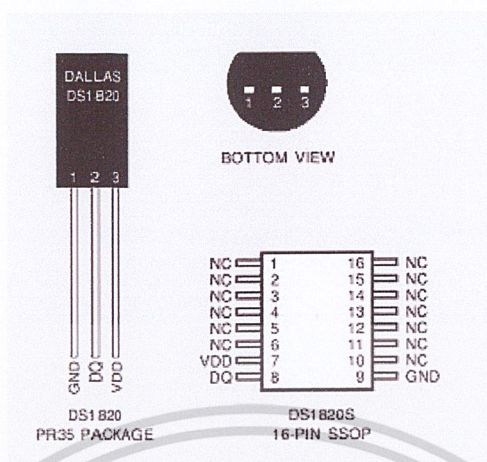
รูปที่ 2.3 แสดงลำดับขั้นตอนการฉีดเครื่องดับเพลิง

2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเกิดอัคคีภัย

2.2.1 DS 1820 ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์

DS 1820 จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบดิจิตอล และยังสามารถที่จะทำการโปรแกรมเข้าไปยังหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันภายในไอซีได้ ซึ่งมีหน่วยความจำรวมภายในขนาด 64 บิตแบบเลเซอร์รอม ดังนั้นจึงสามารถที่จะทำการอ่านและเขียนข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับหน้าที่การทำงานในการตรวจวัดอุณหภูมิได้อย่างมากมายตามการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถติดตั้ง DS 1820 เพื่อการตรวจวัดอุณหภูมิได้ในหลายลักษณะและหลายสถานที่ตำแหน่งการติดตั้งที่มีความแตกต่างอย่างมากกับอุปกรณ์ทั่วไปไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งภายในอาคาร, อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ หรือ ภายในเครื่องจักร และเอาต์พุตที่เป็นอนุกรมตัวเลขของ DS 1820 สามารถต่อเอาต์พุตบนสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวได้หลายๆ ชุดโดยไม่สับสนข้อมูลซึ่งกันและกัน ในรูปที่ 1 แสดงรูปร่างลักษณะตัวถังและการจัดขาใช้งานของ DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

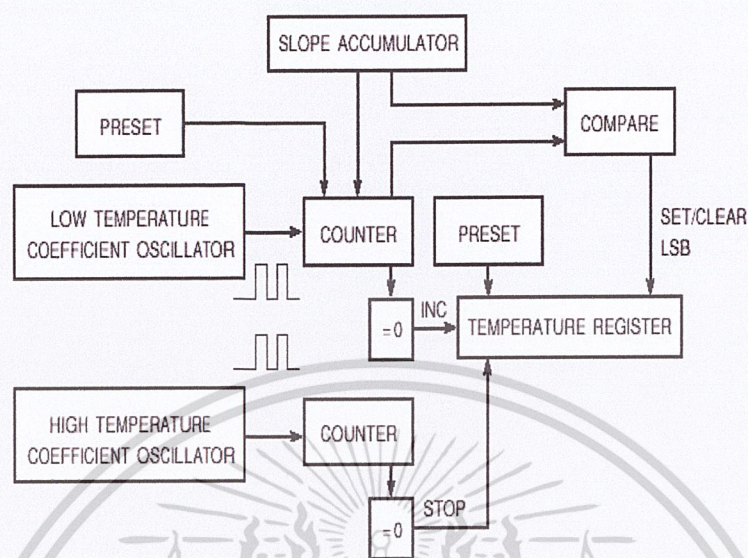


รูปที่ 2.4 ลักษณะตัวถังและการจัดขาใช้งานของ DS 1820

คุณสมบัติเด่นของ DS 1820

1. อินเทอร์เฟซสัญญาณผ่านขาเอาต์พุตเพียงพอร์ตเดียวแบบ 1 สายข้อมูล (1 - Wire™)
2. ขยายจุดตรวจจับอุณหภูมิได้หลายๆ จุดบนสายข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูล
3. ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อรวม
4. สามารถควบคุมการทำงานเพาเวอร์ออนได้ผ่านทางสายข้อมูล
5. เพาเวอร์ขณะสแตนด์บายเป็นศูนย์
6. ข่ายการวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียสถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อสตีป หรือตั้งแต่ย่าน -67 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ที่ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ต่อสตีป
7. อุณหภูมิจะถูกอ่านออกมาเป็นค่าทางดิจิทัล 9 บิต
8. อัตราความเร็วในการแปลงจากอุณหภูมิมายังเป็นค่าตัวเลขทางดิจิทัลเท่ากับ 200 มิลลิวินาที
9. ผู้ใช้งานสามารถกำหนดการเซตค่าเตือนย่านอุณหภูมิได้ในแบบ non - volatile
10. การเตือนย่านอุณหภูมินั้นสามารถกำหนดรหัสผ่านการตั้งการและแอดเดรสของอุปกรณ์ได้จากภายนอกพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิผ่านทางโปรแกรมภายนอก
11. เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานตรวจวัดอุณหภูมิและติดตั้งไว้ในอุปกรณ์ควบคุมเทอร์โมสแตติก, ระบบโรงงานอุตสาหกรรม ,ผลิตภัณฑ์ ,เทอร์โมมิเตอร์ หรือระบบอื่นๆ ที่มีส่วนตรวจจับอุณหภูมิทำงานร่วมอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820

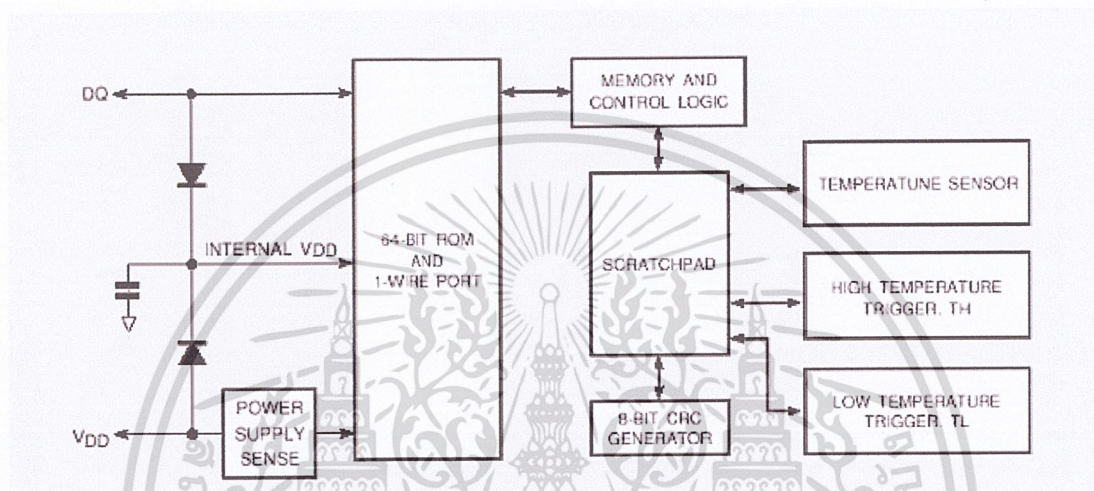
ในรูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของการทำงานต่างๆ ภายในตัว DS1820 มีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต, ส่วนเซ็นเซอร์อุณหภูมิและส่วนกระตุ้นเตือนอุณหภูมิแบบ non - volatile (TH และ TL) โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินี้จะถูกควบคุมสถานะการเพาเวอร์ออนและเพาเวอร์ออฟจากไลน์ข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูลจากการเก็บรักษากำลังงานสำรองไว้ในตัวเก็บประจุภายใน ในช่วงระหว่างคาบเวลาเมื่อสัญญาณภายในไลน์มีสถานะเป็น high และจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และการหยุดการทำงานก็จะเกิดขึ้นจากการหยุดจ่ายแหล่งจ่ายในช่วงระหว่างค่านั้นเป็น low ของไลน์ข้อมูลและจะหยุดอยู่เช่นนั้นจนกว่าขาไลน์ข้อมูลจะกลับมาเป็น high อีกครั้ง และแหล่งจ่ายไฟหลักนี้ก็จะได้จากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ภายนอก

การติดต่อข้อมูลกับ DS 1820 จะติดต่อผ่านพอร์ตเพียงพอร์ตเดียวคือ 1 - Wire port ภายในพอร์ต 1 - Wire นี้ในส่วนของหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันโปรโตคอลของรอมจะถูกทำการเซตค่าเสียก่อน ในส่วนสำคัญของการทำงานฟังก์ชันอันดับแรกซึ่งเป็นหนึ่งในห้าลำดับของการส่งการฟังก์ชันในรอมก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ่านหน่วยความจำรอม

- ทำการเมตซ์รอม
- คั่นหารอม
- กระโดดข้ามรอม
- เตือนการคั่นหา



รูปที่ 2.6 บล็อกโคอะแกรมภายในของ DS1820

ซึ่งการทำงานของระบบการสั่งการนี้จะทำงานบนพื้นที่หน่วยความจำแลเซอร์รอมขนาด 64 บิต ผ่านพอร์ตไอซีแต่ละตัวและสามารถให้เอาต์พุตเดี่ยวเพื่อกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมินี้หลายๆ ตัวก็ทำได้โดยสั่งการผ่านไลน์ข้อมูล 1-wire นี้ หลังจากฟังก์ชันในรอม ถูกลำดับการทำงานแล้ว ก็พร้อมที่จะถูกใช้งาน และสามารถที่จะเข้าถึงการทำงานภายในตัวไอซีได้ทั้งหมด หน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันก็จะถูกเข้าถึงการทำงานได้ และส่วนจัดเก็บค่าที่เซตไว้สามารถหรืออาจจะถูกเก็บไว้ในพื้นที่ 1 ส่วนจากทั้งหมด 6 ส่วนของหน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการ

ส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการหนึ่งส่วนจะถูกกำหนดคุณสมบัติของ DS1820 ให้อยู่ในรูปแบบของการวัดค่าของอุณหภูมิซึ่งผลของการวัดนี้จะถูกบันทึกไว้ใน DS1820 ในส่วนของหน่วยความจำส่วนหนึ่ง (scratchpad) และบางครั้งก็จะอ่านออกมาได้จากตารางสารบัญของหน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการซึ่งเป็นการอ่านออกมาเฉพาะหัวข้อที่ถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ scratchpad สัญญาณกระตุ้นเตือนค่าอุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน (TH และ TL) จะประกอบด้วย 1 ไบต์ EEPROM ถ้าสัญญาณการเตือนการคั่นหาไม่ถูกจ่ายเข้าไปยัง DS1820 รีจิสเตอร์เหล่านี้บางครั้งจะถูกใช้ได้อย่างทั่วๆ ไปจากหน่วยความจำที่ผู้อ่านกำหนดได้ และการเขียนเข้าไปในส่วนของการ

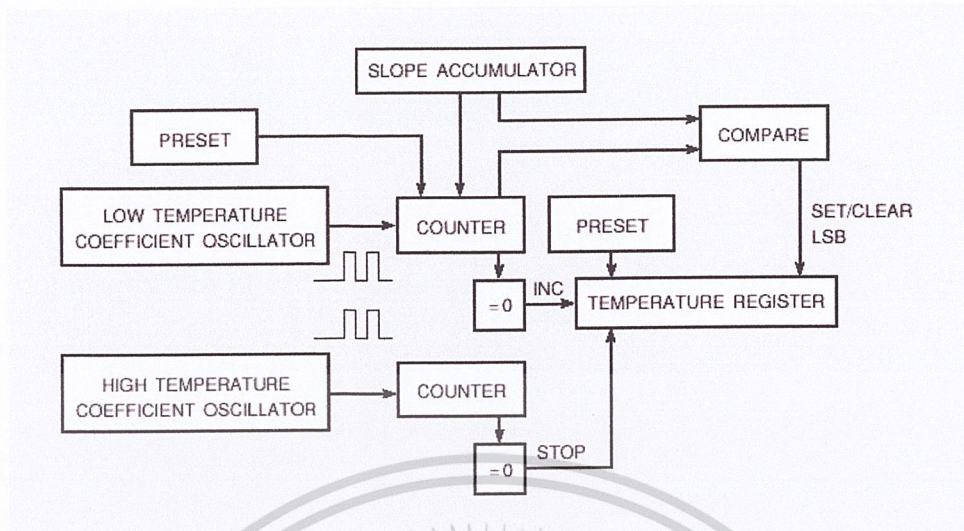
เดือน TH และ TL จะไม่ใช่หน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการและการเข้าไปถึงรีจิสเตอร์นี้จะอ่านผ่านหน่วยความจำ scratchpad และข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการอ่านและเขียนจะกระทำได้ในบิตแรกของ LSB

การวัดอุณหภูมิ

DS1820 จะทำการวัดค่าอุณหภูมิโดยอาศัยเทคนิคการวัดแบบอนบอร์ด์พิเศษซึ่งเป็นเทคนิคการวัดโดยเฉพาะของอุปกรณ์ชนิดนี้ ในรูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวัดค่าอุณหภูมิของ DS1820 ซึ่งจะอาศัยการวัดอุณหภูมิโดยการนับจำนวนวอร์บของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมา ช่วงเวลาเกิดของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมาจะเป็นการกำหนดได้จากช่วงคาบเวลาที่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำสุด ไปจนถึงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการนับตัวเลขจะเริ่มนับที่ค่าอุณหภูมิต่ำสุดพื้นฐาน คือ -55 องศาเซลเซียส ถ้าการนับสัญญาณนาฬิกามาถึงค่าศูนย์ก่อนที่เวลาเกิดจะเกินมารีจิสเตอร์อุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ค่า -55 องศาเซลเซียส ถ้าหากค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแสดงผลของอุณหภูมิขณะนั้นก็จะสูงกว่า -55 องศาเซลเซียส

ในทำนองเดียวกันนี้ การตั้งค่าของการนับจะกำหนดได้จากการเพิ่มความลาดลงของวงจรมับ ซึ่งวงจรมับนี้ต้องการการชดเชยสำหรับการแสดงคุณสมบัติของส่วนโค้งของออสซิลเลเตอร์ที่อุณหภูมิมีค่าเกินมา วงจรมับก็จะนับสัญญาณนาฬิกาอีกครั้งจนกว่ามันจะได้ค่าเป็นศูนย์ ถ้าคาบเวลาเกิดอยู่ในสถานะสงบนิ่งไม่มีการปรับแต่งก็จะเกิดการประมวลผลใหม่อีกครั้งหนึ่ง การคำนวณค่าภายใน DS1820 จะให้ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อสเต็ปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การอ่านค่าอุณหภูมิจะถูกกำหนดไว้ภายใน 16 บิต โดยมีน้ำหนักสำคัญ 2 ส่วนประกอบการอ่าน ในตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะรายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลทางเอาต์พุตกับการจัดอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาเป็นอนุกรมบนการอินเตอร์เฟสกับสายข้อมูล 1-wire ซึ่ง DS1820 สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้เกินย่านตั้งแต่ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



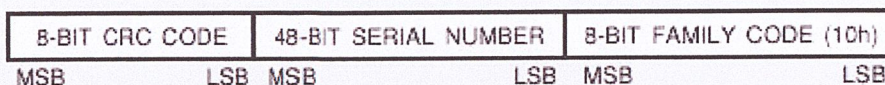
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ

ต่อสแต็บ ค่าอุณหภูมิที่ถูกทำการปรับตั้งไว้ใน DS18B20 ในเทอมของ 1/2 องศาเซลเซียส LSB ซึ่งจะ เป็นไปตามรูปแบบของข้อมูล 9 บิต

ที่ MSB บิตเป็นคู่เปรียบเทียบกับทุกบิตใน MSB สูงสุดของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 2 ไบต์ ในหน่วยความจำซึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิแบบ 16 บิต ในลักษณะสำคัญต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 การทำงานของสัญญาณเตือน

หลังจากที่ DS18B20 มีการตรวจวัดอุณหภูมิเกิดขึ้นแล้วค่าของอุณหภูมิก็จะทำการเปรียบเทียบ เพื่อทำเป็นสัญญาณกระตุ้น การเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิจะเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกบันทึก หรือกำหนดไว้ของค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) และค่าอุณหภูมิต่ำสุด (TL) ตลอดย่านอุณหภูมิที่วัดได้ โดยจะใช้พื้นที่รีจิสเตอร์ 8 บิต สำหรับการทำงานนี้ใน MSB ของ TH หรือ TL ที่ตรงกันก็จะถูก ส่งไปยัง SB ของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 16 บิต ถ้าผลของการวัดอุณหภูมิมีค่าสูงเกินกว่า TH หรือ ต่ำกว่า TL ลำดับสัญญาณเตือนภายในอุปกรณ์ก็จะถูกเซต ซึ่งลำดับของสัญญาณเตือนนี้จะถูก อัปเดตทุกครั้งที่มีการวัดค่าอุณหภูมิ เมื่อลำดับสัญญาณเตือนถูกเซต DS18B20 จะมีการตอบสนอง นำไปสู่การค้นหาสัญญาณเตือนการสั่งการและจะยอมให้ทำการต่อ DS18B20 ในลักษณะขนานกัน หลายตัวได้ เพื่อทำการจำลองการวัดค่าอุณหภูมิแล้วนำมาเฉลี่ยค่าของการวัดในครั้งนั้นอีกขั้นตอน หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการแบ่งส่วนในหน่วยความจำรอมขนาด 64 บิต

ค่าอุณหภูมิ	ดิจิตอลเฮกซ์ชุด (Binary)	ดิจิตอลเฮกซ์ชุด (Hex)
+125 °C	00000000 11111010	00FA
+25 °C	00000000 00110010	0032h
+1/2 °C	00000000 00000001	0001h
+0 °C	00000000 00000000	0000h
-1/2 °C	11111111 11111111	FFFFh
-25 °C	11111111 11001110	FFCEh
-55 °C	11111111 10010010	FF92h

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเฮกซ์ชุด

บิตเลเซอร์รอม

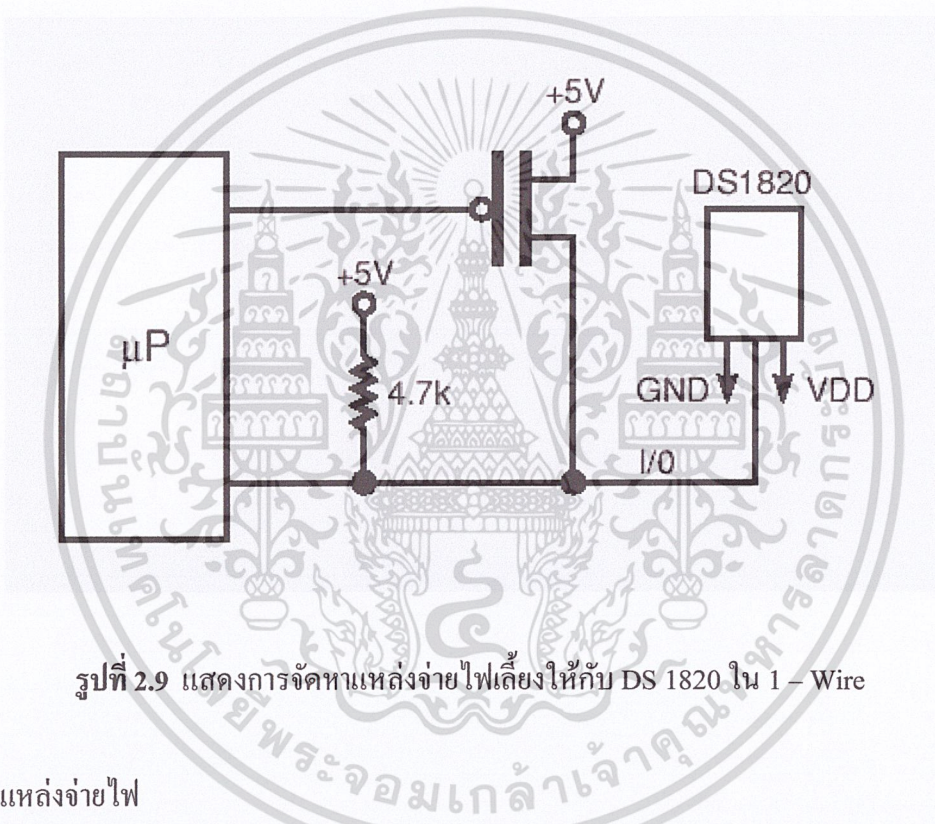
ใน DS1820 นั้นจะประกอบด้วยส่วนของรหัสหน่วยความจำรอมที่มีความยาวถึง 64 บิต โดยใน 8 บิตแรกจะเป็นรหัสตระกูล (family code) 1 – Wire ของ DS1820 (DS1820 มีรหัสเป็น 10h) และอีก 48 บิตต่อมาเป็นส่วนระบุนุกรมตัวเลข (serial number) และอีก 8 บิตสุดท้ายคือส่วนบันทึก CRC ของ 56 บิตแรก ดังแสดงการแบ่งส่วนไว้ในรูปที่ 4 หน่วยความจำรอมขนาด 64 บิต และส่วนควบคุมฟังก์ชันรอมนี้จะยอมให้ DS1820 สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสแบบ 1 – Wire ได้ และมีรายละเอียดตามโปรโตคอลของระบบบัส 1 – Wire ซึ่งฟังก์ชันและส่วนควบคุมต่างๆใน DS1820 จะยังไม่สามารถทำงานหรือเข้าถึงได้จนกว่าจะมีการเซตอัพ โปรโตคอลฟังก์ชันในหน่วยความจำรอมเสียก่อน โดยในการอินเตอร์เฟสในส่วนหลักของฟังก์ชันการสั่งการในหน่วยความจำรอมจะต้องมีลำดับฟังก์ชันดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การอ่านหน่วยความจำรอม

- ทำการเมตซ์รอม
- คั่นหารอม
- กระโดดข้ามรอม
- เตือนการค้นหา

หลังจากที่มีการเซตลำดับฟังก์ชันรอมคั้งข้างต้นเสร็จแล้ว ฟังก์ชันต่างๆ ของ DS1820 ก็จะสามารถเข้าถึงได้

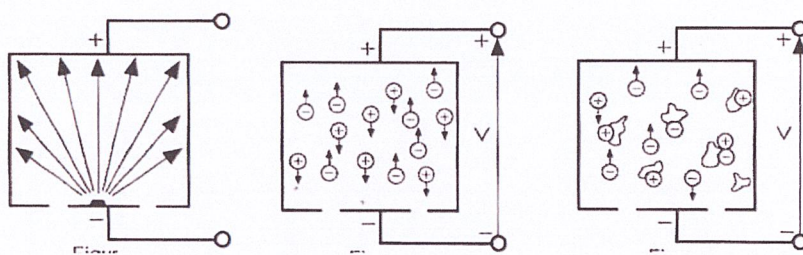


รูปที่ 2.9 แสดงการจัดหาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ DS 1820 ใน 1 – Wire

การต่อแหล่งจ่ายไฟ

ในรูปที่ 5 เป็นการต่อ DS1820 ร่วมกับไมโคร โปรเซสเซอร์ เพื่อการควบคุมจากระยะไกล จะสังเกตเห็นว่าที่ขารับไฟเลี้ยง VDD ของ DS1820 นั้นจะต่อกับกราวด์ แต่จะได้รับไฟเลี้ยงมาทางขา I/O ข้อมูลในแบบ 1 – Wire จากระบบควบคุมหลักไมโคร โปรเซสเซอร์แทน ซึ่งวิธีนี้จะใช้สำหรับการควบคุมจากระยะไกลและไม่ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ DS1820 ให้ง่ายเพราะในการอิเตอร์เฟสแบบ 1 – Wire นี้สามารถที่จะทำการกำหนดการทำงาน (power on) ของไอซีให้จ่ายไฟเลี้ยงวงจรภายในตัวไอซีแทน ส่วนในรูปที่ 6 เป็นการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของ smoke detector

เมื่อมีการสันดาปจากการเผาไหม้เกิดขึ้น อนุภาคที่เกิดจากการสันดาปจะใหญ่กว่า โมเลกุลของอากาศที่ถูก Ionized มาก เมื่ออนุภาคของการสันดาปเข้ามาในห้อง Sensing Chamber นี้ โมเลกุลของอากาศที่ถูก Ionized จะวิ่งชนกับอนุภาคที่เกิดจากการสันดาป (ภาพ 2) ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุระหว่างอนุภาคสันดาป และ โมเลกุลอากาศ Ionized อนุภาคที่เกิดจากการสันดาปบางตัวก็เป็น + บางตัวก็เป็น - เนื่องจากอนุภาคที่เกิดจากการสันดาปดังกล่าวนี้เป็นอนุภาคที่ใหญ่กว่าโมเลกุลของอากาศมาก มันจึงรวมตัวอยู่ระหว่างกลางเมื่ออนุภาคสันดาปเข้ามาเพิ่มขึ้น และถ่ายเทประจุและรวมกันมากขึ้น จะทำให้โมเลกุลที่ถูก Ionized ของอากาศลดลง ทำให้กระแสไฟฟ้าลดลงไปตามลำดับ เมื่อถึงจุดหนึ่ง (เกินพิกัด) วงจรที่วัดค่ากระแสจะส่งสัญญาณ Alarm

การเปลี่ยนแปลงของความชื้น และความกดดันของบรรยากาศจะมีผลต่อค่าไหลของกระแสไฟฟ้าด้วย ซึ่งจะคล้ายกับผลที่ได้จากที่มีอนุภาคสันดาปเข้ามาในห้อง Sensing Chamber ดังนั้นเพื่อชดเชยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น และการเปลี่ยนแปลงความกดดันในบรรยากาศ บริษัทผู้ผลิต Smoke Detector แบบ Ionized จึงได้พัฒนาการตรวจจับแบบ Dual Ionization Chamber (ห้องจับควันคู่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

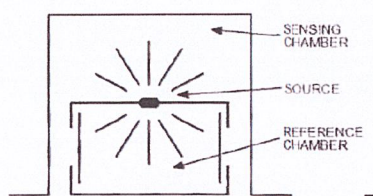


Figure 3-4
Dual Chamber

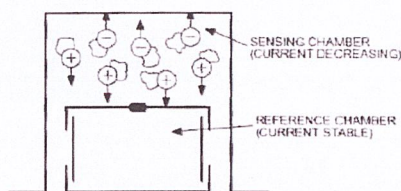


Figure 3-5
Dual Chamber with Smoke

รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของ smoke detector

โดยที่ห้องจับควัน (Ionization Chamber) ทั้งสองห้องสามารถให้ความชื้นและความกดดันของบรรยากาศเข้าไปได้เหมือนกัน แต่ห้องหนึ่งไม่ให้อิออนการสันดาป, ฝุ่นละอองเข้าไป ถือเป็น Reference Chamber (ห้องสำหรับเทียบค่า) ส่วนอีกห้องให้อิออนการสันดาปไปได้ตามปกติเมื่อความชื้นในบรรยากาศหรือความดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทั้งสองห้องเท่ากัน หักลบกันแล้วเป็นศูนย์ แต่ถ้ามีอิออนจากการสันดาปเข้าไปห้องหนึ่ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสไฟมากกว่าอีกห้อง เมื่อเทียบกันแล้วเปลี่ยนแปลงไปเกินพิสัย จึงจะส่ง Alarm (ภาพ 2)

สำหรับ Dual Chamber Ionization Smoke Detector นี้ ถ้าหากมีฝุ่นละออง ความชื้นมากเกินไป (มีหยดน้ำเกาะ) ลมแรงไป หรือแมลงขนาดเล็กเหล่านี้ สามารถสร้างปัญหาให้กับ Smoke Detector แบบนี้ได้ ซึ่งจะอ่านค่าออกไปเป็นอิออนสันดาป และส่งสัญญาณ Alarm ไม่ถูกต้อง ยิ่ง Smoke Detector มีความไวมากเท่าใด ก็จะมีผลต่อการส่งสัญญาณ Alarm ให้ผิดเพี้ยนมากขึ้นเท่านั้น

- การทำงานของ Photoelectric (Optical) Smoke Detector

ควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ สามารถบังลำแสง และทำให้ความเข้มของแสงลดลงได้ หรือทำให้เกิดการกระจายแสงโดยสะท้อนแสงจากอณูของควันไฟ Photoelectric Smoke Detector อาศัยหลักการนี้ในการจับสัญญาณควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Photoelectric Light Obscuration Smoke Detector (ใช้การบังแสง)

อุปกรณ์จับสัญญาณควันที่ใช้หลักการง่ายๆในการบังแสงของควันก็คือ Beam Type Smoke Detector ซึ่งใช้ควันบังแสง Photodiode (ภาพ 2) เมื่ออนุของควันเข้าไปบังแสง (ภาพ 2) ทำให้ลดความเข้มของแสงที่ได้รับบนอุปกรณ์ไวแสง การเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงนี้วัดให้โดยวงจรภายใน และเมื่อความเข้มลดลงถึงจุดที่เลยพิกัด จะส่ง Alarm

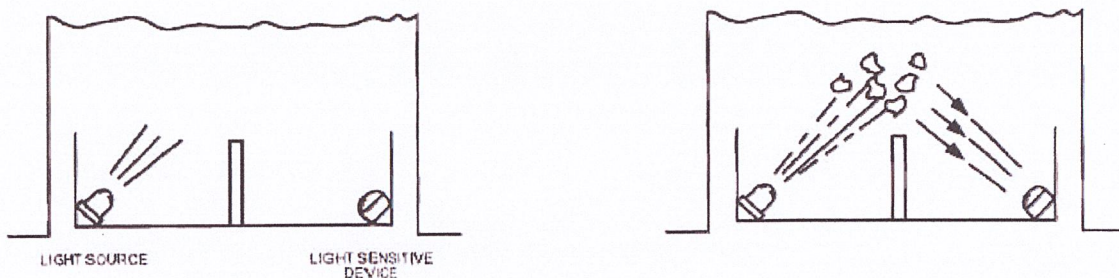


รูปที่ 2.13 Beam Type Smoke Detector

Photoelectric Optical Light Scattering Smoke Detector (อุปกรณ์จับสัญญาณควัน โดยการกระจายแสงสะท้อน)

Photoelectric Smoke Detector ส่วนใหญ่แล้วทำงานโดยใช้หลักการของการกระจายแสงสะท้อน โดยใช้หลอด Light Emitting Diode (LED) ส่งแสงไปบริเวณที่ตัวส่ง Photosensitive Element (อุปกรณ์ไวแสง) มองไม่เห็น โดยทั่วไปใช้ Photodiode (ภาพ 2) เมื่ออนุของควันเข้าไปขวางอยู่ทางเดินของแสง แสงจาก LED จะกระทบกับอนุของควัน (ภาพ 2) และสะท้อนแสงสู่ Photosensitive Device (อุปกรณ์ไวแสง) ทำให้อุปกรณ์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 Photosensitive Device

Smoke Detector Design Consideration: (การพิจารณาหลักการออกแบบอุปกรณ์จับ

ควัน)

Smoke Detector นั้นใช้หลักการง่ายๆ แต่การออกแบบการใช้งานควรคำนึงถึงหลักบางประการ Smoke Detector ต้องทำงานได้เมื่อจับควันได้ แต่ควรลดการ Alarm ที่ผิดพลาดที่ไม่ได้เกิดจากควันจริง ซึ่งอาจจะเกิดจากสาเหตุหลายประการสำหรับ Ionization Smoke Detector ฝุ่นและคราบสกปรกที่สะสมบนสารแผ่รังสีจะทำให้ Smoke Detector ไวกินไป ส่วนใน Photoelectric Smoke Detector นั้น ฝุ่นที่เกาะตามผนังของห้อง Sensing Chamber อาจจะเพิ่มแสงสะท้อนสู่ Photosensitive Element ทำให้ Alarm ผิดพลาดได้เช่นกัน

กระแสไฟกระเพื่อม หรือรังสีบางชนิดสามารถมีผลกระทบต่อวงจรของ Smoke Detector ทั้งสองแบบได้ และแปลความหมายเป็นควัน ซึ่งทำให้ Alarm ผิดพลาดได้

ค่าความไวของ Smoke Detector นั้นต้องอยู่ในระดับพอเหมาะ และได้กำหนดโดยสถาบันรับรอง หรือสถาบันทดสอบที่น่าเชื่อถือของโลก เช่น Loss prevention Certification Board (LPCB) ของประเทศอังกฤษ หรือ Under Writer Laboratory (UL) ของสหรัฐอเมริกา เป็นต้น ซึ่งสถาบันเหล่านี้สามารถตรวจสอบและทดสอบ Smoke Detector ในห้องทดสอบ Fire Test จำลองการเผาไหม้จริงจากเชื้อเพลิงหลายชนิด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการจับควันของ Smoke Detector

นั้นๆ ทั้งนี้ไม่ว่า Smoke Detector จะออกแบบให้มีหลักการทำงานอย่างไรก็ตาม ที่สำคัญคือต้องจับ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ควันได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิจารณาเลือก Smoke Detector

คุณลักษณะเฉพาะของ Ionized Smoke Detector ทำให้เหมาะสำหรับการจับควันที่เกิดจากการเผาไหม้ที่เกิดเปลวไฟอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดอนุภาคเล็กประมาณ 0.01 ถึง 0.3 Micron

ส่วน Photoelectric Smoke Detector นั้น เหมาะสำหรับการจับควันที่เกิดจากการเผาไหม้ อย่างช้าๆ โดยมีอนุภาคที่ขนาด 0.3 – 10 Micron ทั้งนี้ทั้งนั้น Smoke Detector ทั้งสองแบบสามารถจับ ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ทั้งสองได้เช่นเดียวกัน จะต่างกันก็ตรงที่เวลาตอบสนองต่อควันไฟแต่ละ ชนิดเท่านั้น

การป้องกันเพลิงไหม้ในอาคารนั้น จะมีเชื้อเพลิงอยู่หลายชนิด จึงเป็นการยากที่จะบอก ได้ว่าเมื่อเกิดเพลิงไหม้ จะเกิดควันประเภทใดออกมา โดยความจริงแล้ว ต้นกำเนิดเพลิงเดียวกัน อาจจะก่อให้เกิดเพลิงไหม้ที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าทิ้งก้นบุหรี่บนโซฟา หรือเตียงนอน ก่อให้เกิดไฟไหม้ที่ลามอย่างช้าๆ แต่ถ้าทิ้งก้นบุหรี่บนหนังสือพิมพ์ที่วางบนโซฟา หรือเตียงนอน จะทำให้เกิดเพลิงไหม้ เกิดเปลวขึ้นอย่างรวดเร็วได้

Photoelectric / Heat Smoke Detector

ตามที่กล่าวมาข้างต้นว่า Ionization Smoke Detector นั้นจับควันประเภทที่ลุกไหม้เป็น เปลวไฟอย่างรวดเร็ว (Fast Fire) ได้เร็วกว่า Photoelectric Detector ดังนั้นจึงมีผู้พัฒนาอุปกรณ์เสริม ในตัว Photoelectric Smoke Detector เพื่อทำงานได้สมบูรณ์มากขึ้น นั่นคือการเพิ่ม Heat Detector แบบ Rate of Rise/Fixed Temp เข้าไปในตัว Photoelectric Smoke Detector ส่วนใหญ่แล้วเรียกว่า Photoelectric/Heat Smoke Detector

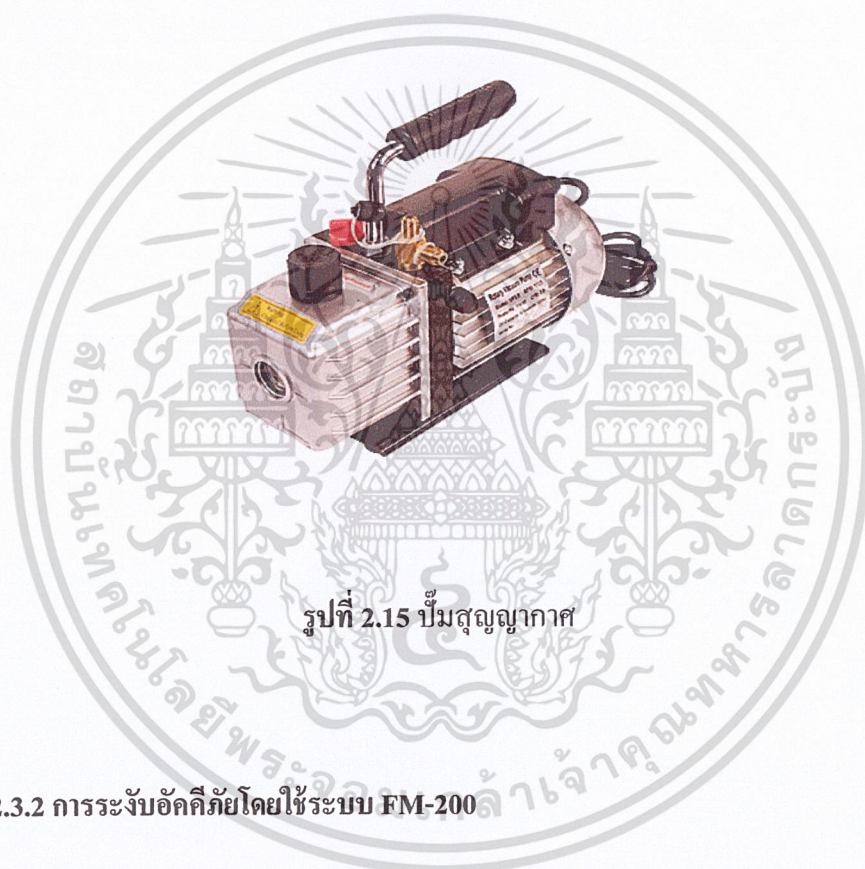
หลักการทำงานของมันคือ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ที่เกิดเปลวไฟเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ส่วน ใหญ่แล้วจะก่อเกิดความร้อนขึ้นมากเช่นกัน Heat Detector ในตัว Smoke Detector นั้นจะจับความ ร้อนได้ และวงจรภายในจะสั่งให้ Smoke Detector ปรับค่าตัวเองให้ไวขึ้น สามารถจับควันที่เกิดขึ้น ได้รวดเร็วกว่า การจับควันในสภาวะปกติ ซึ่งจะสามารถชดเชยจุดด้อยของมันได้จึงสามารถทำงาน ได้สมบูรณ์ สำหรับการเกิดเพลิงไหม้ ทั้งแบบที่ค่อยๆลามช้าๆ และเพลิงไหม้ประเภทเกิดเปลวไฟขึ้น อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุปกรณ์ระงับและป้องกันการเกิดอัคคีภัย

2.3.1 แวกคัมปั้ม (Vacuum Pump)

แวกคัมปั้ม (Vacuum Pump) มีหน้าที่ในการช่วยดูดอากาศ และ ออกซิเจน ซึ่งเป็นส่วนประกอบในการเกิดไฟ และ เมื่อเราได้กำจัดส่วนประกอบการเกิดไฟไปแล้วก็ทำให้ ไฟไม่สามารถเกิดขึ้นได้



2.3.2 การระงับอัคคีภัยโดยใช้ระบบ FM-200

FM-200 (FM-200 Clean agent fire suppression system) เป็นระบบระงับเพลิงที่เกิดขึ้นโดยใช้สารสะอาด (FM-200, Heptafluoropropane, CF_3HFCF_3) ซึ่งปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีค่าการทำลายชั้นโอโซน ไม่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆเสียหายและยังไม่ทิ้งคราบสกปรกอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

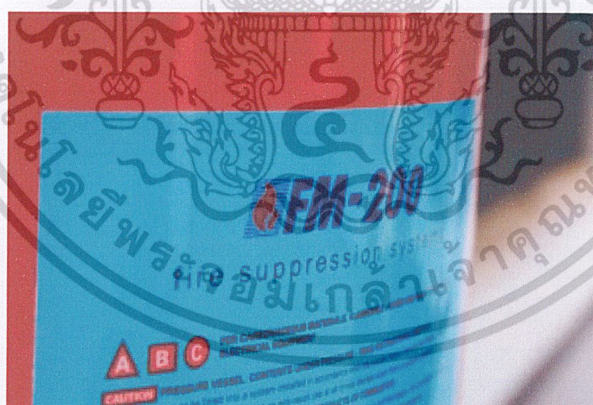
2.3.2.1 ลักษณะของระบบ

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยสาร FM-200 หรือ CF_3HFCF_3 ที่ติดตั้งจะต้องเป็นแบบ Total Flooding System (หมายถึง ระบบที่มีการฉีดแก๊สเข้าไปทั่วทั้งปริมาตรของห้องที่มีการปิดล้อม) โดยกำหนดให้มีความเข้มข้นของแก๊สขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 7% ต่อปริมาตรห้องที่อุณหภูมิ 70° F และใช้เวลาในการฉีดแก๊สหมดถังไม่เกิน 10 วินาที

2.3.2.2 การใช้งานระบบ FM-200

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยสาร FM-200 หรือ CF_3HFCF_3 ออกแบบเพื่อใช้งานกับประเภทของเชื้อเพลิงดังต่อไปนี้

- CLASS A : ORDINARY COMBUSTIBLE MATERIALS เช่น ไม้, ผ้า, กระดาษ, ยาง, พลาสติก
- CLASS B : FLAMABLE LIQUIDS, น้ำมัน, FLAMABLE GASES
- CLASS C : ELECTRICAL EQUIPMENTS, อุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.16 แก๊ส FM-200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาร FM-200 ไม่เหมาะที่จะใช้งานกับเชื้อเพลิงต่อไปนี้

- สารเคมีที่สามารถ OXIDATION ได้โดยปราศจาก ออกซิเจน เช่น เซลลูโลสไนเตรด, ดินปืน
- METAL HYDRIDES
- REACTIVE METALS ได้แก่ ลิเทียม, โซเดียม, โปตัสเซียม, แมกนีเซียม, ไทเทเนียม

2.4 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุม

2.4.1 PIC16F877

สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

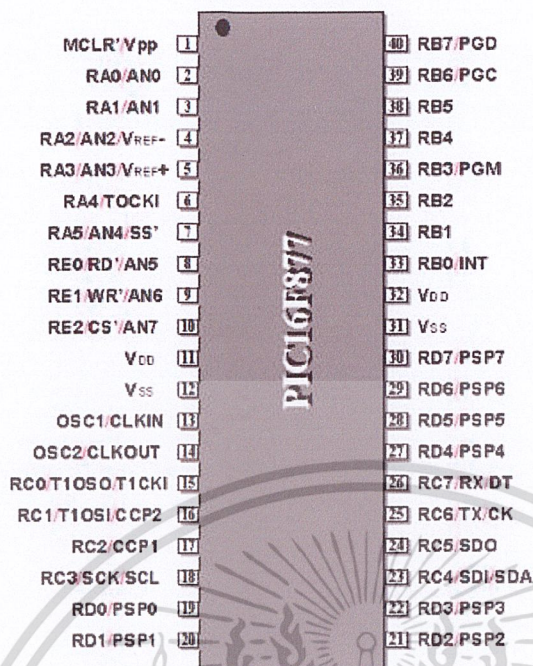
เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16Fxxx ได้รับความนิยมมากที่สุดเพราะถือว่าเป็นชิปรุ่นแรกที่หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลช และมีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM แต่ชิปในตระกูลนี้ก็มีหลายเบอร์ให้เลือกใช้ตามขนาดของงานและความสามารถของชิปแต่ละตัว สำหรับการทำปริญญาโทขึ้นมาก็จะเลือกใช้เบอร์ 16F877 เพราะเป็นชิปที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย หาซื้อง่ายและราคาไม่แพงมากนัก และมีคุณสมบัติหลายประการที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา หรือต้องการพัฒนางานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี ซึ่งคุณสมบัติหลักๆ ของ PIC16F877 มีดังนี้

1. มีคำสั่งที่เป็นภาษาแอสเซมบลี 35 คำสั่ง
2. ใน 1 คำสั่งใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 ไซเคิล
3. ทำงานได้สูงสุดที่สัญญาณพิกัดตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 MHz
4. ทำงานแบบ Pipe-line สามารถทำงาน 2 อย่างในเวลาเดียวกันได้
5. หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8 KWord (1 word = 14 บิต)
6. มีหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) ขนาด 368 ไบต์
7. มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 256 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้ดูแลระบบ หรือติดต่อฝ่ายบริการลูกค้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
 10. มีระบบ Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up และ Watchdog Timer
 11. มีระบบ Code Protection กันการคัดลอก
 12. มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
 13. สัญญาณนาฬิกา มีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือ วงจร RC ก็ได้
 14. สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5 VDC ได้
 15. ใช้การโปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming
 16. ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2 VDC ถึง 5.5 VDC
 17. Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25 mA
 18. มี Timer/Counter 3 ตัว คือ Timer 0 ขนาด 8 บิต, Timer 1 ขนาด 16 บิต และ Timer 2 ขนาด 8 บิต
 19. มีโมดูล Capture/Compare/PWM (Pulse Width Modulation) 2 ชุด
 20. มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) ขนาด 10 บิต
 21. มีระบบ USART สำหรับการสื่อสารแบบ RS232
 22. มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง (Brown-out Reset)
 23. มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีจำนวนบิตไม่เท่ากัน
- โครงสร้างขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ PIC16F877 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา มีขาสัญญาณต่างๆดังนี้

1. MCLR/Vpp : Master Clear (Reset) Input / Programming Voltage Input ทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณรีเซ็ต (Reset) เมื่อขานี้ได้รับลอจิก 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซ็ต และทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณรับแรงดัน ขณะทำการบันทึกโปรแกรมลงหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. VDD : Positive Supply (+2.00 V ถึง +5.5 V) ทำหน้าที่เป็นขาไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์

3. VSS : Ground ทำหน้าที่เป็นขากาวาน์

4. OSC1/CLKIN : Oscillator Crystal Input / External Clock Source Input

5. OSC2/CLKOUT : Oscillator Crystal Output / External Clock Source Output

ทั้งสองขาทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณสำหรับต่อคริสตอล ในกรณีที่อยู่ในโหมดการใช้สัญญาณ

นาฬิกาจากภายนอก (Crystal Oscillator Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. RA0 – RA5 : พอร์ต A มีจำนวน 6 ขา เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง (Bi-directional I/O Port) คือเป็นไปได้ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตใช้ในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่อื่นๆแสดงดังตารางที่ 1.1

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
RA0	AN0	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 0
RA1	AN1	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 1
RA2	AN2	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 2
RA3	AN3	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 3
RA4	TOCK1	รับสัญญาณ Input Clock ของ Timer 0
RA5	AN4	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 4
	SS	รับสัญญาณ Slave Select จากการติดต่อของ Serial Port แบบ Synchronize

ตารางที่ 2.2 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต A

7. RB – RB7 : พอร์ต B มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้การส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้บางขายังทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตจากการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) จากการภายนอกด้วย แสดงดัง ตารางที่

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
RB0	INT	รับสัญญาณอินพุตจากการอินเทอร์รัปต์จากภายนอก
RB3	PGM	รับสัญญาณอินพุตแรงดันต่ำในการบันทึกโปรแกรม (ถ้ามีการ Enable)
RB6	PGC	ขาสัญญาณนาฬิกาในการบันทึกโปรแกรม
RB7	PGD	ขาสัญญาณข้อมูลในการบันทึกโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต B

8. RC0 – RC7 : พอร์ต C มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่อื่นๆ แสดงดังตารางที่

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
RC0	TIOSO	ขาสัญญาณเอาต์พุตของวงจรรอสซิงเคลเตอร์ของ Timer1
	TICK1	ขาสัญญาณอินพุตของสัญญาณนาฬิกาของ Timer1
RC1	TIOSI	ขาสัญญาณอินพุตของวงจรรอสซิงเคลเตอร์ของ Timer1
	CCP2	ขาสัญญาณเอาต์พุตของ โมดูล CCP2 (Capture2, Compare2, PWM2)
RC2	CCP1	ขาสัญญาณเอาต์พุตของ โมดูล CCP1 (Capture1, Compare1, PWM1)
RC3	SCK	ขาสัญญาณนาฬิกาของวงจร SPI
	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาของวงจร I ² C
RC4	SDI	ขาสัญญาณอินพุตและ Serial Data ของระบบ SPI
	SDA	ขาข้อมูลของระบบบัส I ² C
RC5	SDO	ขาสัญญาณเอาต์พุตและ Serial Data ของระบบ SPI
RC6	TxD	ขาส่งข้อมูลแบบ Serial Port
	CK	ขาสัญญาณนาฬิกา แบบ Synchronize
RC7	RxD	ขารับข้อมูลแบบ Serial Port
	DT	ขารับข้อมูลแบบ Synchronize

ตารางที่ 2.4 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต C

9. RD0 – RD7 : พอร์ต A มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่อื่นๆ แสดงดังตารางที่ 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
RD0	PSP0	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 0
RD1	PSP1	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 1
RD2	PSP2	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 2
RD3	PSP3	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 3
RD4	PSP4	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 4
RD5	PSP5	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 5
RD6	PSP6	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 6
RD7	PSP7	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนาน บิต 7

ตารางที่ 2.5 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต D

10.RE0 – RE2 : พอร์ต E มีจำนวน 3 ขา เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้ยังทำหน้าที่อื่นๆ แสดงดังตารางที่ 1.5

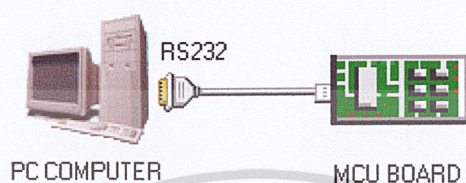
พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
RE0	AN5	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 5
	RD	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการอ่าน
RE1	AN6	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 6
	WR	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเขียน
RE2	AN7	รับสัญญาณอินพุตสำหรับ ADC ช่อง 7
	CS	ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเลือกอุปกรณ์

ตารางที่ 2.6 แสดงขา PIC16F877 พอร์ต E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์

2.5.1 การใช้งานพอร์ตอนุกรม RS232



รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อ RS232

การสื่อสารแบบอนุกรม นับว่ามีความสำคัญ ต่อการใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์มาก เพราะสามารถใช้เป็นพินท์ และจอภาพของ PC เป็น อินพุต และ เอาต์พุต ในการติดต่อ หรือ ควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยสัญญาณอย่างน้อย เพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ

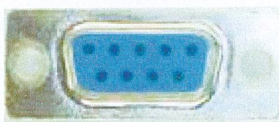
- สายส่งสัญญาณ TX
- สายรับสัญญาณ RX
- สาย GND

โดยปกติพอร์ตอนุกรม RS-232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ ขึ้นอยู่กับ ชนิดของ สายสัญญาณ, ระยะทาง, และ ปริมาณ สัญญาณ ครอบคลุม



รูปที่ 2.19 พอร์ตอนุกรมของ PC DB9 ตัวผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB9 ตัวเมีย

- พอร์ตอนุกรมของ PC จะเป็นคอนเน็คเตอร์แบบ DB9 ตัวผู้
- พอร์ตอนุกรม ของอุปกรณ์ภายนอก จะเป็นคอนเน็คเตอร์แบบ DB9 ตัวเมีย

2.5.2 แสดงการจัดขา ของคอนเน็คเตอร์ อนุกรมแบบ DB9 และหน้าที่การใช้งานต่างๆ



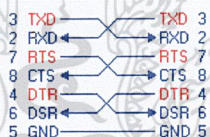
รูปที่ 2.21 DB9 ตัวผู้ เมื่อมองจากด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

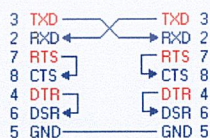
Pin	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready (DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Request To Send (RTS)	Output
8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดง ขาของ RS 232

2.5.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย DB9



รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem



รูปที่ 2.23 การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การทำงานของขาสัญญาณ DB9

- TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล
- RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูล
- DTR แสดงสถานะพอร์ตว่าเปิดใช้งาน ,DSR ตรวจสอบว่าพอร์ต ที่ติดต่อด้วย เปิดอยู่หรือไม่

- เมื่อเปิดพอร์ตอนุกรม ขา DTR จะ ON เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับทราบว่าการติดต่อด้วย

- ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา DSR ว่าอุปกรณ์พร้อมหรือไม่

2.5.5 ระดับสัญญาณของ RS232



รูปที่ 2.24 ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL

ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ในสายนำสัญญาณ มักจะมีแรงดันเป็นบวก เมื่อเทียบกับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
กรวด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของโลจิก "1" เป็นลบ คืออยู่ในช่วง $-3V$ ถึง $-15V$ ส่วนแรงดัน ของโลจิก "0" อยู่ในช่วง $+3V$ ถึง $+15V$
 - และเหตุที่ ระดับสัญญาณ ของ RS232 อยู่ในช่วง $+15V$ ถึง $-15V$ ก็เพื่อให้ต่อสายสัญญาณไปได้ไกลขึ้น
- ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL

2.5.6 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)

คือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาทีเช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 14,400, 19,200, 38,400, 56,000 เป็นต้น

การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ, ระยะทาง, และ ปริมาณสัญญาณรบกวน

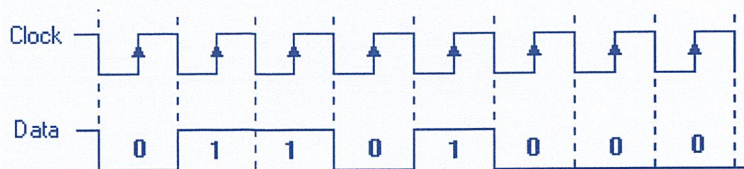
2.5.7 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

มีด้วยกันอยู่ 2 แบบ คือแบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

- การรับส่งข้อมูล จะมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลา การส่งข้อมูล ร่วมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่ง ใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



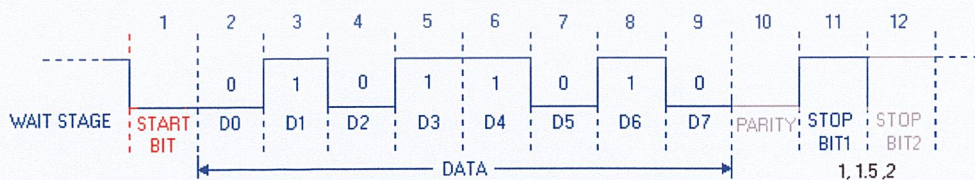
รูปที่ 2.25 สัญญาณการสื่อสารแบบซิงโครนัส

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

- การรับส่งข้อมูล โดยที่ไม่จำเป็นต้อง มีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วย แต่จะใช้ให้ตัวส่ง และตัวรับ มีอัตราส่งข้อมูล ที่เท่ากัน

รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5, 2 บิต



รูปที่ 2.26 สัญญาณการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา data จะมีสถานะเป็นลอจิก "1" หรือ สถานะหยุดรอ (Waiting stage)
- เมื่อเริ่มต้นส่งข้อมูลจะให้ขา data เป็น ลอจิก "0" เป็นจำนวน 1 บิต เรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start bit)
- จากนั้นก็จะเริ่มต้นส่งข้อมูล โดยส่งบิตต่ำไปก่อน (LSB)
- แล้วตามด้วยพาริตีบิต (จะมีหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการติดตั้งค่า ของทั้งสองฝ่าย)
- สุดท้ายตามด้วยลอจิก "1" อย่างน้อย 1 บิต (มีขนาด 1, 1.5, หรือ 2 บิต) เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูล

2.5.8 การรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังแบ่งออกเป็นลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

- แบบซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นการส่ง หรือรับข้อมูล แบบทิศทางเดียว เท่านั้น
- แบบฮาล์ฟดูเพลกซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกัน คือเมื่อด้านหนึ่งส่ง อีกด้านหนึ่ง เป็นฝ่ายรับ สลับกัน ไม่สามารถรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้
- แบบฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex) สามารถรับ-ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้างและการทำงาน

3.1 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

เป็นภาคจ่ายไฟให้กับวงจรซึ่งใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ส่งผ่าน IC 7805 เพื่อทำการเรกติไฟให้ออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ สำหรับจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจร โดยแรงดัน 12 โวลต์ สำหรับจ่ายให้กับวงจรชุดตรวจจับควัน ส่วนแรงดันขนาด 5 โวลต์ สำหรับจ่ายให้กับ วงจรชุดตรวจจับอุณหภูมิ , วงจรเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม และ วงจรสำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877)



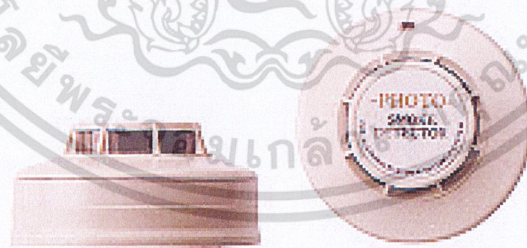
รูปที่ 3.1 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ตัวตรวจจับควัน (Smoke Detector)

ในปริณญาณิพนธ์นี้เราได้เลือกใช้อุปกรณ์ตัวจับควันชนิด Photoelectric Smoke Detector (Model : CL-180) เพราะมีข้อดีคือ สามารถตรวจจับควันได้ไวในขณะเกิดเพลิงไหม้ทั้งแบบที่ค่อยๆ ลามช้าๆ ไปจนถึงเพลิงไหม้ประเภทเกิดเปลวไฟขึ้นอย่างรวดเร็ว และง่ายต่อการนำไปใช้งาน เนื่องจากในตัว Smoke Detector เองนั้นมี Relay แบบ Normally Open (NO) อยู่ภายใน หลักการทำงานของตัวตรวจจับควันสามารถอธิบายได้ดังนี้

เมื่อมีเหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้นก็จะทำให้เกิดควันไฟ ในสภาวะเริ่มต้นอุปกรณ์ตรวจจับควันซึ่งเป็นชนิด Photoelectric Smoke Detector ก็จะ สามารถตรวจจับควันในสภาวะนั้นได้ ทำให้หน้าสัมผัส Relay ของตัว Smoke Detector เอง เปลี่ยนจาก Normally Open (NO) ไปเป็น Normally Close (NC) ทำให้ได้สัญญาณที่เป็นแรงดันไฟฟ้าออกมาจากวงจร มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่เรากำหนดให้ที่ขา S₂ และ S₁ ของตัว Smoke Detector ในที่นี้เรากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ ดังรูป 3.2 ซึ่งจะนำสัญญาณดังกล่าวไปเป็นสัญญาณอินพุตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต B ที่ขา RB5 เพื่อทำการควบคุมในลำดับต่อไป

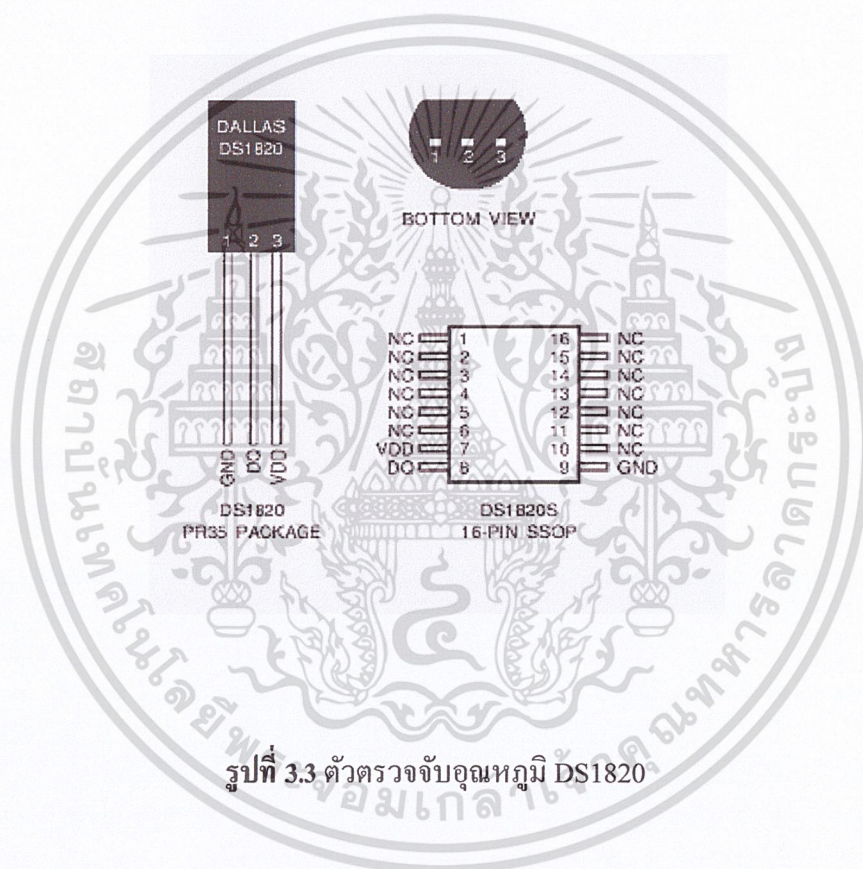


รูปที่ 3.2 ตัวตรวจจับควัน (Smoke Detector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

เราทำการต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 จำนวน 5 ตัว ให้ทำงานร่วมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการโปรแกรมการทำงานไว้แล้ว โดยให้ DS1820 ทำการส่งสัญญาณไปที่ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการควบคุม เพื่ออ่านค่าและแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แล้ว ส่งสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ



รูปที่ 3.3 ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1820

3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

PIC16F877 เป็นอุปกรณ์ที่รับสัญญาณเอาต์พุต จากชุดตรวจจับวันและอุณหภูมิ เพื่อนำ สัญญาณเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ และนำสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุม อุปกรณ์แสดงสัญญาณเตือนต่างๆ กับอุปกรณ์ป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ แล้วให้ค่าต่างๆ แสดงผล

ผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Visual Basic

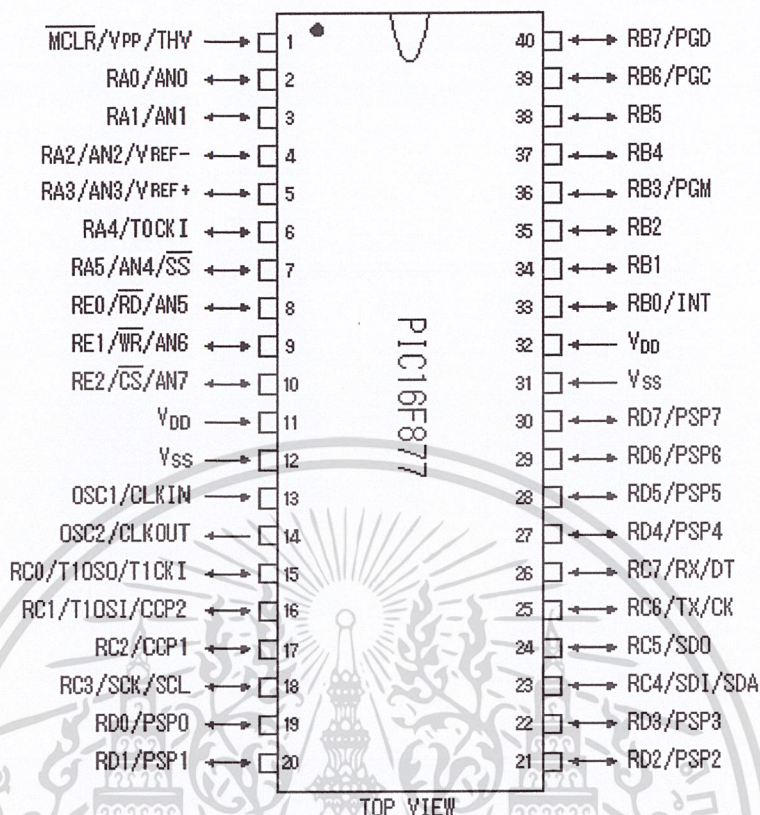
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สิ่งนี้จะไม่ได้ออกไปนอกวงประชุม ซึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการใช้งานต่อใช้งานของ PIC16F877 มีดังนี้

- พอร์ต A ที่ขา RA0 ขาเอาต์พุตสัญญาณไฟสีเขียว แสดงสถานะ การทำงานที่สภาวะปกติ
- พอร์ต A ที่ขา RA1 ขาเอาต์พุตสัญญาณไฟสีเหลือง แสดงสถานะ การทำงานที่สภาวะเตือน
- พอร์ต A ที่ขา RA2 ขาเอาต์พุตสัญญาณไฟสีแดง แสดงสถานะ การทำงานที่สภาวะฉุกเฉิน
- พอร์ต A ที่ขา RA3 ขาเอาต์พุตสัญญาณไฟ แสดงสถานะ ว่ามีควันเกิดขึ้น
- พอร์ต A ที่ขา RA5 ขาเอาต์พุตสัญญาณไฟ แสดงสถานะ ว่ามีการตัดระบบปรับอากาศ
- พอร์ต B ที่ขา RB0 ขาอินพุตของตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวที่ 1
- พอร์ต B ที่ขา RB1 ขาอินพุตของตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวที่ 2
- พอร์ต B ที่ขา RB2 ขาอินพุตของตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวที่ 3
- พอร์ต B ที่ขา RB3 ขาอินพุตของตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวที่ 4
- พอร์ต B ที่ขา RB4 ขาอินพุตของตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวที่ 5
- พอร์ต B ที่ขา RB5 ขาอินพุตของตัวตรวจจับควัน
- พอร์ต C ที่ขา RC6 ขาส่งสัญญาณเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม
- พอร์ต C ที่ขา RC7 ขารับสัญญาณเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม
- พอร์ต D ที่ขา RD0 ขาเอาต์พุตของแวกคัมปั้ม (Vacuum Pump)
- พอร์ต D ที่ขา RD1 ขาเอาต์พุตของแก๊ส FM-200 (แบบจำลอง)
- พอร์ต D ที่ขา RD2 ขาเอาต์พุตของเสียงสัญญาณเตือน (Horn)
- พอร์ต D ที่ขา RD3 ขาเอาต์พุตสำหรับตัดระบบปรับอากาศ
- พอร์ต E ที่ขา RE0 ขาเอาต์พุตของแวกคัมปั้ม (Vacuum Pump) มาจากการอินเทอร์รัป
- พอร์ต E ที่ขา RE1 ขาเอาต์พุตของแก๊ส FM-200 (แบบจำลอง) มาจากการอินเทอร์รัป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

3.5 แวกคัมปั้ม (Vacuum Pump)

เนื่องจากการเกิดไฟนั้นจะต้องมีองค์ประกอบของการเกิดครบทั้ง 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง , ความร้อน , ออกซิเจน ดังนั้นเราจึงต้องใช้แวกคัมปั้มเพื่อทำการดูดอากาศ เป็นการลดปริมาณออกซิเจนภายในห้องสถานีไฟฟ้า ส่งผลให้องค์ประกอบของไฟนั้นไม่ครบ จึงไม่สามารถเกิดไฟได้ สัญญาณที่มาควบคุมการเปิด-ปิดแวกคัมปั้มนั้นมาจากสัญญาณเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์พอร์ต B ที่ขา RB6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แวกคัมปั้ม (Vacuum Pump)

3.6 แก๊ส FM-200 (Heptafluoropropane) หรือ $CF_3HF_2CF_3$

ระบบ FM-200 (FM-200 Clean agent fire suppression system) เป็นระบบระงับเพลิงที่เกิดขึ้น โดยใช้สารสะอาด (FM-200, Heptafluoropropane, $CF_3HF_2CF_3$) ซึ่งปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมเนื่องจากมีค่าการทำลายชั้น โอโซน เท่ากับ 0 (Ozone depletion = 0), ไม่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆเสียหายและยังไม่ทิ้งคราบสกปรกอีกด้วย จึงทำให้ในปัจจุบันผู้คนเริ่มหันมาให้ความสนใจใช้สาร FM-200 กันมากขึ้น แต่ยังไม่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากราคาของระบบ FM-200 นั้นค่อนข้างจะแพงเมื่อเทียบกับระบบอื่น

มาตรฐานที่ใช้ออกแบบ

1. มาตรฐานการออกแบบและติดตั้งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 2001 (National Fire Protection Association NO.2001)
2. มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่อุปกรณ์ในระบบเช่น FM-200 Cylinder, Control Panel, Detector, Alarm Bell, Horn and Strobe และอื่นๆจะต้องได้รับการรับรองมาตรฐานจาก UL (Underwriters Laboratories) และ/หรือ FM (Factory Mutual)
3. อุปกรณ์จะต้องเป็นของใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อน และจะต้องเป็นผลิตภัณฑ์จาก

ประเทศสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของระบบ

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยสาร FM-200 (Heptafluoropropane) หรือ CF_3HFCF_3 ที่ติดตั้งจะต้องเป็นแบบ Total Flooding System (หมายถึง ระบบที่มีการฉีดแก๊สเข้าไปทั่วทั้งปริมาตรของห้องที่มีการปิดล้อม) โดยกำหนดให้มีความเข้มข้นของแก๊สขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 7% ต่อปริมาตรห้องที่อุณหภูมิ $70^\circ F$ และใช้เวลาในการฉีดแก๊สหมดถังไม่เกิน 10 วินาที อุปกรณ์ในระบบอย่างน้อยจะต้องประกอบด้วย FM-200 Cylinder, Control Pane, Automatic Dectector, Electric control head, Discharge Nozzle, Alarm

การใช้งานระบบ FM-200

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติด้วยสาร FM-200 (Heptafluoropropane) หรือ CF_3HFCF_3 ออกแบบเพื่อการใช้งานกับประเภทของเชื้อเพลิงดังต่อไปนี้

- CLASS A : ORDINARY COMBUSTIBLE MATERIALS เช่น ไม้, ฝ้า, กระดาษ, ยาง, พลาสติก
 - CLASS B : FLAMABLE LIQUIDS, น้ำมัน, FLAMABLE GASES
 - CLASS C : ELECTRICAL EQUIPMENTS, อุปกรณ์ไฟฟ้า
- สาร FM-200 ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานกับเชื้อเพลิงต่อไปนี้
- สารเคมีที่สามารถ OXIDATION ได้โดยปราศจาก ออกซิเจน เช่น เซลลูโลสไนเตรต, ดินปืน
 - METAL HYDRIDES
 - REACTIVE METALS ได้แก่ ลิเทียม, โซเดียม, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, ไทเทเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบระบบ FM-200

1. การกำหนดหาปริมาตรห้อง

- กำหนดหาพื้นที่ห้องเพื่อนำไปกำหนดตำแหน่งและจำนวน DETECTOR และ หัวฉีด (NOZZLE)
- กำหนดปริมาตรห้องโดยพิจารณาปริมาตรของพื้นที่ป้องกันทั้งหมด เพื่อนำไปกำหนดหา ปริมาตรของสาร FM-200

2. การกำหนดความเข้มข้นของสาร FM-200

การกำหนดค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสาร FM-200 ที่ใช้ในการออกแบบ กำหนดให้มีความเข้มข้นของสารขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 7% และไม่เกิน 9% ต่อปริมาตรของห้องที่ อุณหภูมิภายในห้อง

หมายเหตุ ค่านี้ใช้ในการออกแบบอ้างอิงมาจากการทดลองโดยวิธี Cup-Burner ซึ่ง เป็นการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดของสาร FM-200 ที่จะสามารถดับไฟได้ ดังตารางที่ 3.1 นี้

Agent	NRL	NMERI	Fenwel	GLCC	NIST
% HFC – 277ea	6.6	6.3	5.8	5.9	6.2

ตารางที่ 3.1 : แสดงผลการทดลองหาค่าความเข้มข้นของแก๊ส โดยวิธี Cup-Burner

จากตาราง จะสังเกตเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของสาร FM-200 เพียง 5.8-6.6 % ก็เพียงพอสำหรับการดับเพลิงได้ค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบ ไม่ควรเกิน ค่า NOAEL

สำหรับสาร FM-200 ใช้ 9% ถ้าความเข้มข้นมากกว่านี้อาจเป็นอันตรายต่อคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเฉพาะในกรณีที่มีผู้ยื่นขอให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณหาปริมาณสารที่ใช้

การคำนวณหาปริมาณสาร FM-200 ที่ต้องการเพื่อให้ได้ระดับค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมตามที่กำหนด สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$W = V/S[C/(100-C)] \quad [1]$$

$$S = k_1 + k_2(T) \quad [2]$$

เมื่อ ; W = ปริมาณสาร FM-200 ,lbs (kg)

V = ปริมาตรห้องที่ป้องกัน ,ft³ (m³)

C = ความเข้มข้นของสาร FM-200 ,% โดยปริมาตร

S = ปริมาตรจำเพาะของสาร FM-200 (ที่ superheated) , ft³/lb (m³/kg)

k₁ = 1.885 ที่ °F (0.1269 ที่ °C)

k₂ = 0.0045 ที่ °F (0.0005 ที่ °C)

T = อุณหภูมิภายในห้องที่ป้องกัน , °F (°C)

การตรวจสอบความเข้มข้นของสาร FM-200 ที่อุณหภูมิสูงสุด

ควรตรวจสอบความเข้มข้นของสาร FM-200 ที่อุณหภูมิสูงสุด เนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าที่ได้ต้องไม่เกิน 9% (NOAEL) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C = 100 WS/[V+WS] \quad [1]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ S = k₁ + k₂(T) ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาต [2] นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ; W = ปริมาณสาร FM-200 ,lbs (kg)

V = ปริมาตรห้องที่ป้องกัน ,ft³ (m³)

C = ความเข้มข้นของสารFM-200 ,% โดยปริมาตร

S = ปริมาตรจำเพาะของสาร FM-200 (ที่ superheated) , ft³/lb (m³/kg)

k_1 = 1.885 ที่ °F (0.1269 ที่ °C)

k_2 = 0.0045 ที่ °F (0.0005 ที่ °C)

T = อุณหภูมิภายในห้องที่ป้องกัน , °F (°C)

3.1 คำนวณสารที่ในห้องจำลอง

$V = 0.216 \text{ m}^3$, $S = 0.1414$, $C = 6\%$ โดยปริมาตร

$$W = 0.216 / 0.1414 [6 / 100 - 6]$$

$$= 0.0975 \text{ kg}$$

ดังนั้น ในการทดลองในห้องจำลองนั้น ต้องใช้แก๊ส FM-200 0.0975 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temp. -t- (°F)	Specific Volume (ft ³ /lb.)	HFC-227ea Weight Requirements of Hazard Volume W/V (lb/ft ³)									
		Design Concentration (% by Volume)									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	1.9264	0.0331	0.0391	0.0451	0.0513	0.057	0.0642	0.0708	0.0776	0.0845	0.0916
20	1.9736	0.0323	0.0381	0.0441	0.0501	0.0563	0.0626	0.0691	0.0757	0.0825	0.0894
30	2.021	0.0316	0.0372	0.043	0.0489	0.055	0.0612	0.0675	0.0739	0.0805	0.0873
40	2.0678	0.0309	0.0364	0.0421	0.0478	0.0537	0.0598	0.0659	0.0723	0.0787	0.0853
50	2.1146	0.0302	0.0356	0.0411	0.0468	0.0525	0.0584	0.0645	0.0707	0.077	0.0835
60	2.1612	0.0295	0.0348	0.0402	0.0458	0.0514	0.0572	0.0631	0.0691	0.0753	0.0817
70	2.2075	0.0289	0.0341	0.0394	0.0448	0.0503	0.056	0.0618	0.0677	0.0737	0.0799
80	2.2538	0.0283	0.0334	0.0386	0.0439	0.0493	0.0548	0.0605	0.0663	0.0722	0.0783
90	2.2994	0.0278	0.0327	0.0378	0.043	0.0483	0.0538	0.0593	0.065	0.0708	0.0767
100	2.3452	0.0272	0.0321	0.0371	0.0422	0.0474	0.0527	0.0581	0.0637	0.0694	0.0752
110	2.3912	0.0267	0.0315	0.0364	0.0414	0.0465	0.0517	0.057	0.0625	0.0681	0.0738
120	2.4366	0.0262	0.0309	0.0357	0.0406	0.0456	0.0507	0.056	0.0613	0.0668	0.0724
130	2.482	0.0257	0.0303	0.035	0.0398	0.0448	0.0498	0.0549	0.0602	0.0656	0.0711
140	2.5272	0.0253	0.0298	0.0344	0.0391	0.044	0.0489	0.054	0.0591	0.0644	0.0698
150	2.5727	0.0248	0.0293	0.0338	0.0384	0.0432	0.048	0.053	0.0581	0.0633	0.0686
160	2.6174	0.0244	0.0288	0.0332	0.0378	0.0425	0.0472	0.0521	0.0571	0.0622	0.0674
170	2.6624	0.024	0.0284	0.0327	0.0371	0.0417	0.0464	0.0512	0.0561	0.0611	0.0663
180	2.7071	0.0236	0.0278	0.0321	0.0363	0.041	0.0457	0.0504	0.0552	0.0601	0.0652
190	2.7518	0.0232	0.0274	0.0316	0.0359	0.0404	0.0449	0.0496	0.0543	0.0592	0.0641
200	2.7954	0.0228	0.0269	0.0311	0.0354	0.0397	0.0442	0.0488	0.0535	0.0582	0.0631

ตารางที่ 3.2 : HFC-227ea (FM-200) Total Flooding Quantity (English Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temp. -t- (°C)	Specific Volume (m ³ /kg.)	HFC-227ea Weight Requirements of Hazard Volume W/V (kg/m ³)									
		Design Concentration (% by Volume)									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-10	0.1215	0.5254	0.6196	0.7158	0.8142	0.9147	1.0174	1.1225	1.2301	1.3401	1.4527
-5	0.1241	0.5142	0.6064	0.7005	0.7987	0.8951	0.9957	1.0985	1.2038	1.3114	1.4216
0	0.1268	0.5034	0.5936	0.6858	0.78	0.8763	0.9748	1.0755	1.1785	1.2839	1.3918
5	0.1294	0.4932	0.5816	0.6719	0.7642	0.8586	0.955	1.0537	1.1546	1.2579	1.3636
10	0.132	0.4834	0.57	0.6585	0.749	0.8414	0.936	1.0327	1.1316	1.2328	1.2264
15	0.1347	0.474	0.5589	0.6457	0.7344	0.8251	0.9178	1.0126	1.1096	1.2089	1.3105
20	0.1373	0.465	0.5483	0.6335	0.7205	0.8094	0.9004	0.9934	1.0886	1.1859	1.2856
25	0.1399	0.4564	0.5382	0.6217	0.7071	0.7944	0.8837	0.975	1.0684	1.164	1.2618
30	0.1425	0.4481	0.5284	0.6104	0.6943	0.78	0.8676	0.9573	1.049	1.1428	1.2388
35	0.145	0.4401	0.519	0.5996	0.6819	0.7661	0.8522	0.9402	1.0303	1.1224	1.2168
40	0.1476	0.4324	0.5099	0.5891	0.6701	0.7528	0.8374	0.923	1.0124	1.1029	1.1956
45	0.1502	0.425	0.5012	0.579	0.6586	0.7399	0.823	0.908	0.995	1.084	1.1751
50	0.1527	0.418	0.4929	0.5691	0.6476	0.7276	0.8093	0.8929	0.9784	1.066	1.1555
55	0.1553	0.4111	0.4847	0.56	0.6369	0.7156	0.796	0.8782	0.9623	1.0484	1.1365
60	0.1578	0.4045	0.477	0.551	0.6267	0.7041	0.7832	0.8641	0.9469	1.0316	1.1183
65	0.1604	0.398	0.4694	0.5423	0.6167	0.6929	0.7707	0.8504	0.9318	1.0152	1.1005
70	0.1629	0.3919	0.4621	0.5338	0.6072	0.6821	0.7588	0.8371	0.9173	0.9994	1.0834
75	0.1654	0.3859	0.455	0.5257	0.5979	0.6747	0.7471	0.8243	0.9033	0.9841	1.0668
80	0.1679	0.3801	0.4482	0.5178	0.589	0.6671	0.736	0.812	0.8898	0.9694	1.0509
85	0.1704	0.3745	0.4416	0.5102	0.5803	0.6519	0.7251	0.8	0.8767	0.9551	1.0354
90	0.173	0.369	0.4351	0.5027	0.5717	0.6423	0.7145	0.7883	0.8638	0.9411	1.0202

ตารางที่ 3.3 HFC-227ea (FM-200) Total Flooding Quantity (English Unit)

4. ถังบรรจุมสาร FM-200

4.1 การกำหนดขนาดและจำนวนถังบรรจุมสาร FM-200

เมื่อเราได้ปริมาณสาร FM-200 ที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะนำค่าที่ใดมากำหนดขนาดและจำนวนถังบรรจุมโดยดูจาก CATALOG ของผู้ผลิต จากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตควรเติมสาร FM-200 ลงไปในถังให้อยู่ในช่วง 40-70 lbs/ft³ ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างรายละเอียดของถังบรรจุมสาร FM-200 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIKE PART NO.	CONTAINER SIZE (lbs.)	EMPTY WEIGHT (lbs.)	AGENT FILL RANGE (lbs.)	DIMENSION	
				DIAMETER (in.)	HEIGHT (in.)
70-098	20	35	12-21	7.25	21.5
70-089	35	55	22-38	7.25	32.50
70-022	60	80	37-64	10.75	28.09
70-088	100	90	58-100	10.75	38.75
70-041	125i	180	72-125	20.00	20.28
70-077	215i	225	124-215	24.00	23.81
70-087	215	285	123-215	20.00	28.87
70-086	375	375	215-375	20.00	42.50
70-083	650	455	372-650	20.00	65.75
70-090	1000	673	573-1002	24.00	70.00

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดถึงบรรจุก๊าซ FM-200 สำหรับ FIKE

KIDDE PART NO.	CONTAINER SIZE (litre)	EMPTY WEIGHT (kg)	AGENT FILL RANGE (kg)	DIMENSION	
				DIAMETER (mm.)	HEIGHT (mm.)
E7763-101	5	11	2.5-5.0	180	440
E7763-102	8	14	4.0-8.5	180	635
E7763-103	16	17	8.0-17.5	230	680
E7763-104	28	24	13.5-30.5	230	985
E7763-105	51	44	24.2-55.0	345	915
E7763-106	81	63	39.0-88.0	345	1280
E7763-107	81	64	39.0-88.0	345	1280
E7763-108	142	91	68.0-154.0	395	1485
E7763-109	142	92	68.0-154.0	395	1485
E7763-110	243	163	116.5-263.5	560	1445
E7763-111	243	164	116.5-263.5	560	1445

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดถึงบรรจุก๊าซ FM-200 สำหรับ KIDDE

4.2 การวางตำแหน่งถังบรรจุก๊าซ FM-200

เอกสารนี้เป็นเอกสารติดตั้งถังบรรจุก๊าซและอุปกรณ์อื่นๆ ควรอยู่ในตำแหน่งที่ง่ายต่อการตรวจตรา, ทดสอบ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การเคลื่อนย้ายสำหรับเติมสาร และการบำรุงรักษาซ่อมแซมต่างๆ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถังบรรจุก๊าซไม่ควรติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ยื่นเข้าไปอยู่ในพื้นที่ที่จะทำให้เกิดความเสียหาย ทั้งทางกลและทางเคมีควรติดตั้ง GUARDS หรือผนังกันสำหรับป้องกันถัง
- สภาพอุณหภูมิห้องที่เก็บถังควรอยู่ในช่วง $0 - 55^{\circ}\text{C}$
- ตำแหน่งของถังบรรจุก๊าซควรออกแบบให้อยู่ตำแหน่งที่สามารถวางแนวท่อได้สั้นที่สุด

หลักการทำงาน

แก๊ส FM-200 จะถูกปล่อยออกก็ต่อเมื่อมีสัญญาณเอาต์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้โซลินอยด์ทำงานเปิดวาล์วปล่อยแก๊ส FM-200 จนหมด และติดตามผลหลังจากการปล่อยแก๊ส โดยการ Feedback กลับมาตรวจสอบค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 3.6 แก๊ส FM-200 (Heptafluoropropane) หรือ CF_3HFCF_3

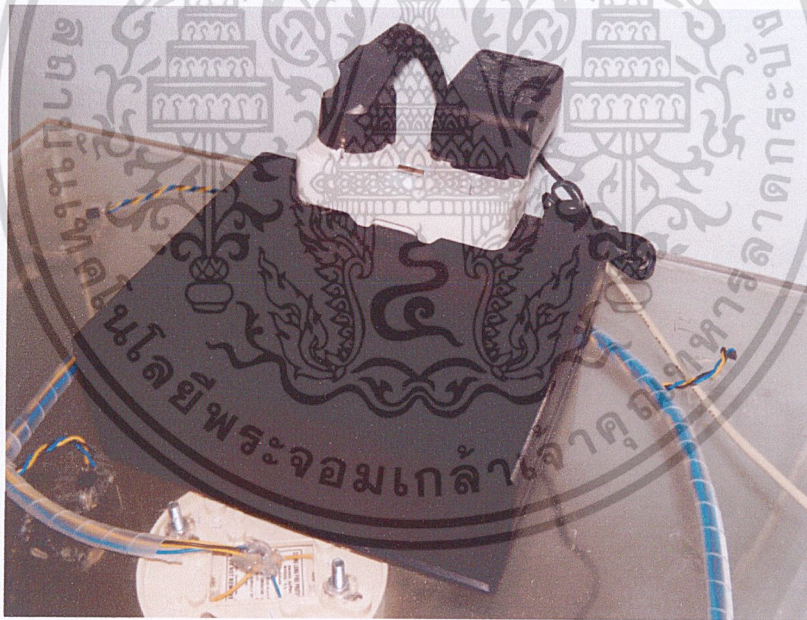
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 กล่าวนำ

เพื่อเป็นการทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบป้องกัน และระงับการเกิดอัคคีภัยในห้องชั้นใต้ดิน ดังที่ได้ออกแบบไว้ในปฏิญานิพนธ์นี้ โดยได้นำอุปกรณ์ต่างๆมาติดตั้งในห้องจำลองที่ทำจากแผ่นอะครีลิคใสขนาด กว้าง 0.6 เมตร ยาว 0.6 เมตร และสูง 0.6 เมตร ทำการทดลองโดยใช้เตาไฟฟ้าเป็นตัวกำเนิดความร้อน เพื่อจำลองการเกิดไฟฟาลัดวงจรในห้องชั้นใต้ดิน และ ใช้ควีนจากรูปเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดควันเพื่อใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.1 กล่อง Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ลำดับขั้นการทดลอง

จะทำการทดลองโดยแบ่งเป็นการทดลอง 3 รูปแบบคือ

1. เพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีควัน
2. มีควันเพียงอย่างเดียวโดยไม่เพิ่มอุณหภูมิ
3. เพิ่มอุณหภูมิและมีควัน

4.2.1 การทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว

1. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและกล่องควบคุม
2. ติดตั้งเตาไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน
3. เชื่อมต่อกล่องควบคุมกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต rs232 โดยใช้โปรแกรม Visual Basic
4. จุดเทียนเพื่อให้เห็นเปลวไฟได้ชัดเจน
5. เริ่มทำการทดลองโดยการปิดกล่องให้สนิทโดยไม่ให้อากาศเข้าไป
6. เปิดให้ระบบทำงานพร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

รูปที่ 4.2 การทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว

4.2.2 การทดลองกรณีที่ 2 มีควันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ

1. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและกล่องควบคุม
2. นำเตาไฟฟ้าออก รอจนอุณหภูมิกิ่งที่
3. จุดธูปเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดควัน
4. เชื่อมต่อกับกล่องควบคุมกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต rs232 โดยใช้โปรแกรม Visual Basic
5. เริ่มทำการทดลองโดยการปิดกล่องให้สนิทโดยไม่ให้อากาศเข้าไป
6. เปิดให้ระบบทำงานพร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.3 การทดลองกรณีที่ 2 มีควันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควันด้วย

1. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและกล่องควบคุม
2. ติดตั้งเตาไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน
3. จุจรูปเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดควัน
4. เชื่อมต่อกล่องควบคุมกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต rs232 โดยใช้โปรแกรม Visual Basic
5. จุดเทียนเพื่อให้เห็นเปลวไฟได้ชัดเจน
6. เริ่มทำการทดลอง โดยการปิดกล่องให้สนิทโดยไม่ให้อากาศเข้าไป
7. เปิดให้ระบบทำงานพร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.4 การทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

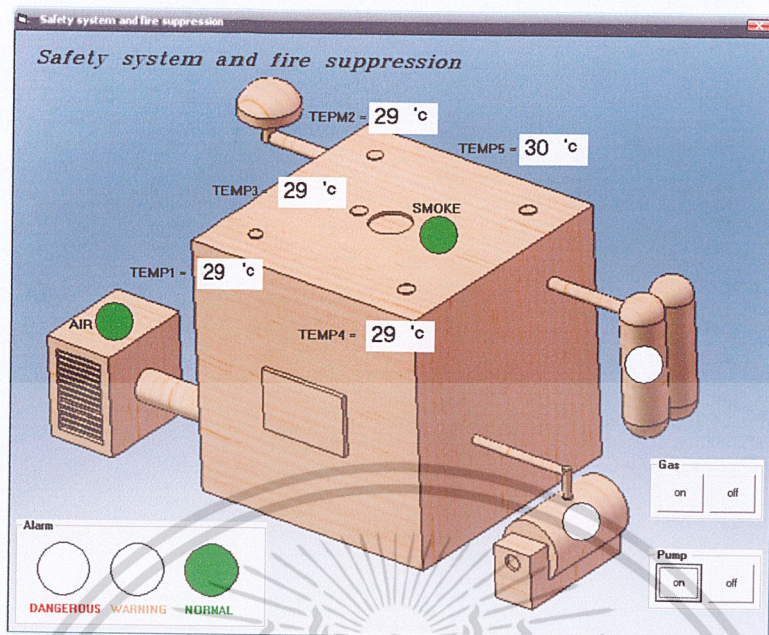
4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว

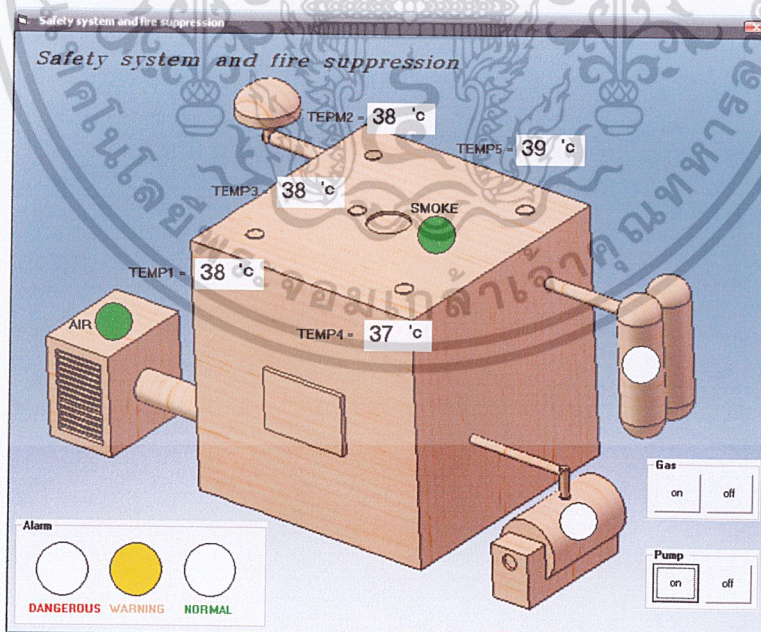
ช่วงของอุณหภูมิ	สภาวะการทำงาน ของห้องจำลอง	สภาวะการทำงานของอุปกรณ์						
		ไฟสี เขียว	ไฟสี เหลือง	ไฟสี แดง	คว้น	ระบบ ปรับ อากาศ	ปั้ม สุญญา กาศ	แก๊ส FM- 200
น้อยกว่า 34 °C	ปกติ	ติด	-	-	ไม่มี	เปิด	ปิด	ปิด
35 – 45 °C	แจ้งเตือน	-	ติด	-	ไม่มี	เปิด	ปิด	ปิด
46 – 69 °C	ฉุกเฉิน	-	-	ติด	ไม่มี	ปิด	เปิด	ปิด
มากกว่า 70 °C	ฉุกเฉิน	-	-	ติด	ไม่มี	ปิด	ปิด	เปิด

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 มีการเพิ่มอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

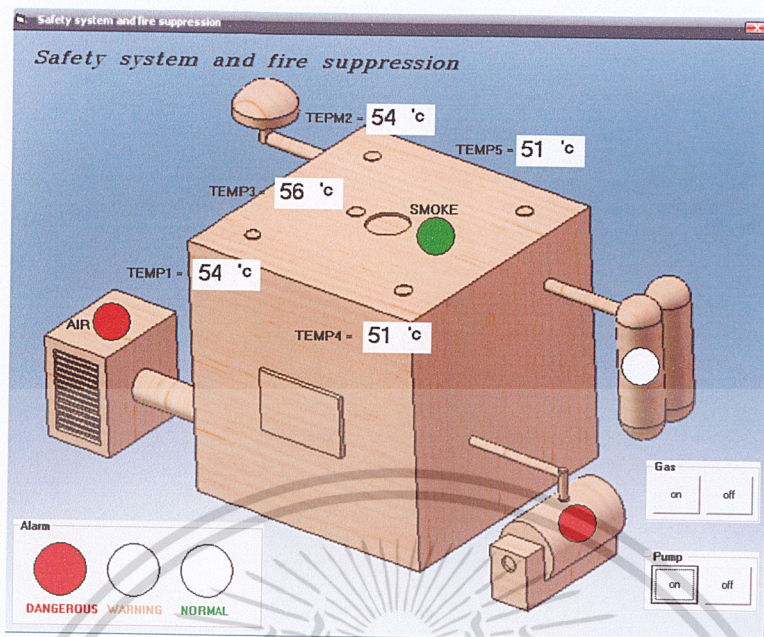


รูปที่ 4.5 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิ 0 – 34 °C

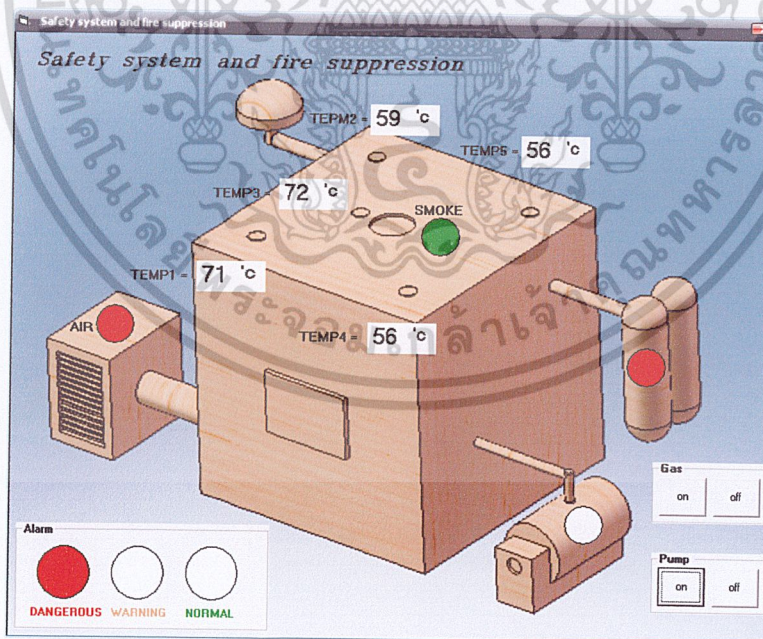


รูปที่ 4.6 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิ 35 – 45 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิได้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิ 46 – 70 °C



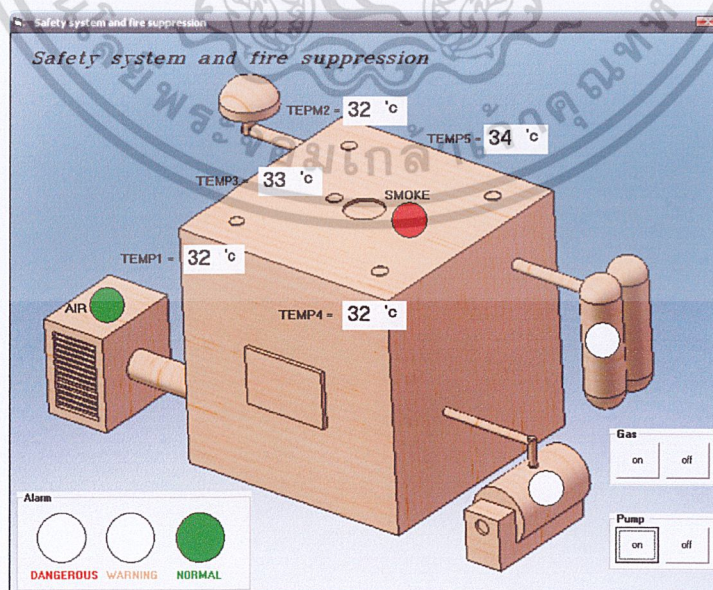
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองกรณีที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิมากกว่า 70 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 มีควันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ

ช่วงของอุณหภูมิ	สถานะการทำงานของห้องจำลอง	สถานะการทำงานของอุปกรณ์						
		ไฟสีเขียว	ไฟเหลือง	ไฟแดง	ควัน	ระบบปรับอากาศ	ปั๊มสูดอากาศ	แก๊ส FM-200
น้อยกว่า 34 °C	ปกติ	ติด	-	-	มี	เปิด	ปิด	ปิด
35 – 45 °C	-	-	-	-	-	-	-	-
46 – 69 °C	-	-	-	-	-	-	-	-
มากกว่า 70 °C	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 มีควันอย่างเดียวโดยไม่มีการเพิ่มอุณหภูมิ



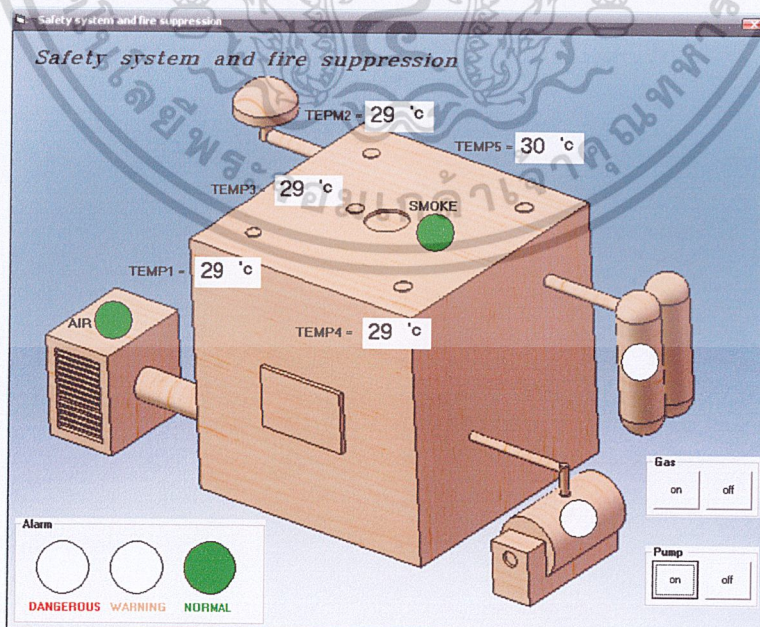
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหามาเผยแพร่อย่างใดทั้งนี้ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 ผลการทดลองกรณีที่ 2 ช่วงของอุณหภูมิ 0 – 34 °C

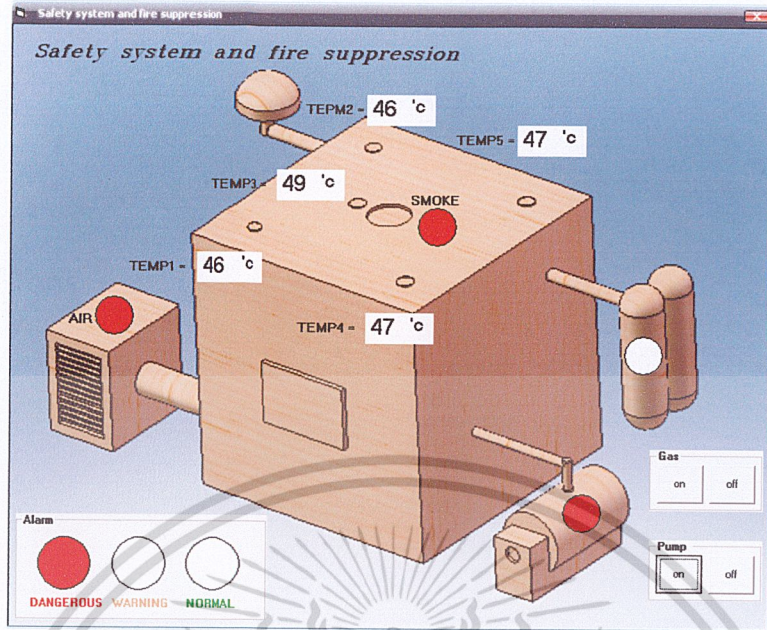
4.3.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควัน

ช่วงของอุณหภูมิ	สถานะการทำงานของห้องจำลอง	สถานะการทำงานของอุปกรณ์						
		ไฟสีเขียว	ไฟเหลือง	ไฟสีแดง	ควัน	ระบบปรับอากาศ	ปั๊มสุญญากาศ	แก๊ส FM-200
น้อยกว่า 34 °C	ปกติ	ติด	-	-	มี	เปิด	ปิด	ปิด
35 – 45 °C	ฉุกเฉิน	-	-	ติด	มี	ปิด	เปิด	ปิด
46 – 69 °C	ฉุกเฉิน	-	-	ติด	มี	ปิด	เปิด	ปิด
มากกว่า 70 °C	ฉุกเฉิน	-	-	ติด	มี	ปิด	เปิด	เปิด

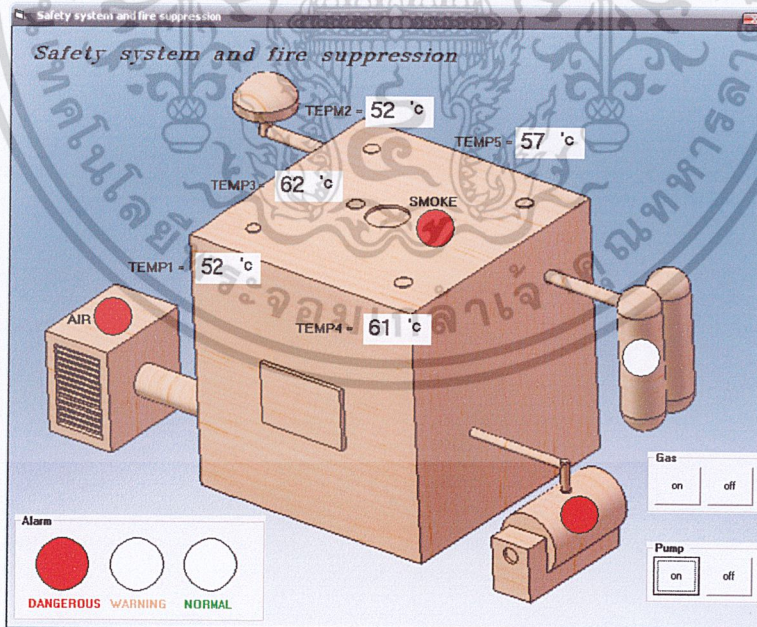
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 มีการเพิ่มอุณหภูมิและมีควัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปที่ 4.10 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิ 0 – 34 °C

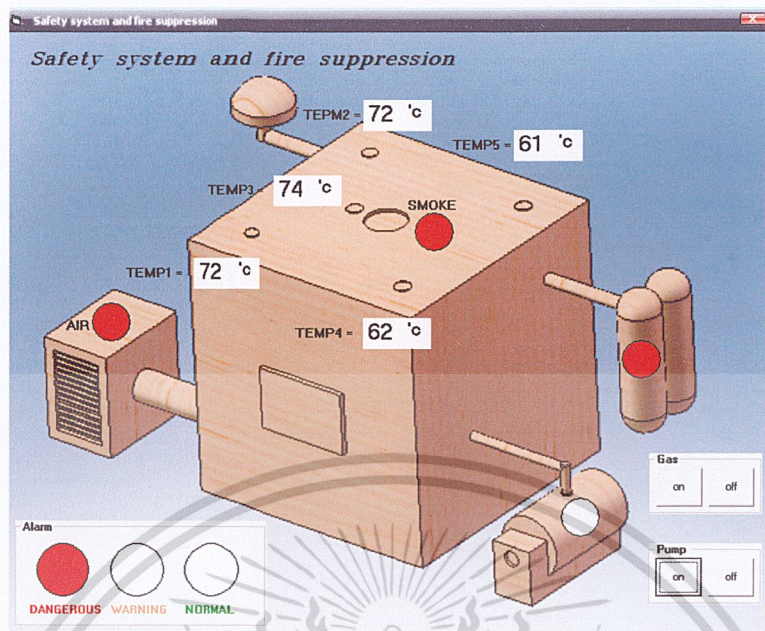


รูปที่ 4.11 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิ 35 – 45 °C



รูปที่ 4.12 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิ 46 – 70 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือมีเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ผลการทดลองกรณีที่ 3 ช่วงของอุณหภูมิมากกว่า 70 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยในห้องซับสเตชัน เมื่อเราทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง แต่ยังคงมีความผิดพลาดในส่วน โครงสร้างของห้องจำลองเนื่องจากเวลาที่ปั๊มสุญญากาศทำงาน จะทำให้อากาศในห้องจำลองมีสภาวะคล้ายสุญญากาศอย่างรวดเร็ว โดยที่อากาศภายนอกห้องจำลองนั้นมีความดันอากาศสูงกว่าในห้องจำลอง ทำให้โครงสร้างของห้องจำลองนั้นรับแรงกดดันได้ไม่ดี ดังนั้นการทดลองจึงไม่สามารถให้ปั๊มสุญญากาศทำงานจนถึงสภาวะไร้ออกซิเจนได้ เปลวไฟที่เทียนจึงอ่อนลงได้แต่อาจจะไม่ดับ

จากการทดลองทั้งหมดสามารถยืนยันได้ถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยที่ออกแบบไว้ มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้จริงในห้องซับสเตชันอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินจากอัคคีภัย

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

เนื่องจากสาร FM-200 มีราคาสูงมาก จึงทำให้ต้องจำลองระบบแก๊สที่ใช้ในการระงับอัคคีภัย ดังนั้นจึงไม่สามารถทราบประสิทธิภาพในการระงับอัคคีภัยที่แท้จริงของแก๊ส FM-200 ซึ่งอาจจะต้องปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้แก๊ส FM-200 ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ห้องจำลองทำขึ้นจากแผ่นอะคริลิก ทำให้อากาศไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากการดูดอากาศออกจากห้องปริมาณมากๆ จะทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศขึ้นภายในห้องทดลอง โดยมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างของห้องทำให้เกิดการโก่งตัวจนอาจทำให้เกิดการแตกหักเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

เนื่องจากการกำหนดช่วงของอุณหภูมิที่จะใช้ในแต่ละ โรงงานหรือ แต่ละห้องที่ต้องการจะใช้งานระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยนี้ อาจมีความแตกต่างกัน และเราสามารถทำการแก้ไขช่วงอุณหภูมินี้ได้ โดยการเปลี่ยนแปลง โปรแกรมควบคุมที่เป็นภาษาซีในตัวของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงทำให้มีความลำบากในการแก้ไข ดังนั้นถ้าเราสามารถกำหนดช่วงของอุณหภูมิได้โดยผ่านโปรแกรม Visual Basic ก็จะทำให้สะดวกมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้แล้วถ้าเราต้องที่จะนำระบบป้องกันและระงับการเกิดอัคคีภัยนี้ไปใช้จริง ห้องนั้นจะต้องสามารถทำให้เป็นสุญญากาศได้ และมีระบบไฟฟ้าสำรองเพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับปั๊มสุญญากาศและแก๊ส FM-200 ในกรณีของการตัดไฟเนื่องจากการเกิดเพลิงไหม้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมในการประมวลผลภาพและโปรแกรมควบคุม

โปรแกรม Visual Basic ซึ่งเขียนเพื่อใช้ในการแสดงผลสถานะการทำงานต่างๆ ของห้องจำลอง และใช้ในการควบคุมปั๊มสุญญากาศกับแก๊ส FM-200 ดังรูป ก.1 และโค้ดโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์กับส่วนของโค้ด โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังต่อไปนี้

โค้ด โปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Visual Basic)

```
Dim data As String
```

```
Dim det As String
```

```
Dim lbt1, lbt2, lbt3, lbt4, lbt5 As Integer
```

```
Private Sub cmdpump_Click(Index As Integer)
```

```
    Select Case Index
```

```
        Case 0:
```

```
            MSComm1.Output = "p"
```

```
        Case 1:
```

```
            MSComm1.Output = "f"
```

```
    End Select
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    MSComm1.PortOpen = True
```

```
    Timer1.Enabled = True
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากพบเห็นผิดเพี้ยนหรือต้องการแจ้งข้อผิดพลาดให้เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub gason_Click(Index As Integer)
```

Select Case Index

Case 0:

MSComm1.Output = "g"

Case 1:

MSComm1.Output = "f"

End Select

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

data = data + MSComm1.Input

'TEMP

If Mid(data, InStr(data, "t0"), 2) = "t0" Then

lbltemp1.Caption = Mid(data, InStr(data, "t0") + 2, 3)

End If

If Mid(data, InStr(data, "t1"), 2) = "t1" Then

lbltemp2.Caption = Mid(data, InStr(data, "t1") + 2, 3)

End If

If Mid(data, InStr(data, "t2"), 2) = "t2" Then

lbltemp3.Caption = Mid(data, InStr(data, "t2") + 2, 3)

End If

If Mid(data, InStr(data, "t3"), 2) = "t3" Then

lbltemp4.Caption = Mid(data, InStr(data, "t3") + 2, 3)

End If

If Mid(data, InStr(data, "t4"), 2) = "t4" Then

lbltemp5.Caption = Mid(data, InStr(data, "t4") + 2, 3)

End If

เอกสารนี้ LED เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ผู้ใช้ต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If Mid(data, InStr(data, "lr"), 4) = "lr=1" Then

```

Shape1.BackColor = vbRed

Shape2.BackColor = vbWhite

Shape3.BackColor = vbWhite

End If

If Mid(data, InStr(data, "ly"), 4) = "ly=1" Then

    Shape2.BackColor = vbYellow

    Shape1.BackColor = vbWhite

    Shape3.BackColor = vbWhite

End If

If Mid(data, InStr(data, "lg"), 4) = "lg=1" Then

    Shape3.BackColor = vbGreen

    Shape2.BackColor = vbWhite

    Shape1.BackColor = vbWhite

End If

'SMOKE

If Mid(data, InStr(data, "sm"), 4) = "sm=0" Then

    Shape4.BackColor = vbGreen

End If

If Mid(data, InStr(data, "sm"), 4) = "sm=1" Then

    Shape4.BackColor = vbRed

End If

'AIR

If Mid(data, InStr(data, "air"), 5) = "air=0" Then

    Shape6.BackColor = vbRed

End If

If Mid(data, InStr(data, "air"), 5) = "air=1" Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าในกรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End If

'PUMP

If Mid(data, InStr(data, "pu"), 4) = "pu=1" Then

    Shape7.BackColor = vbRed

End If

If Mid(data, InStr(data, "pu"), 4) = "pu=0" Then

    Shape7.BackColor = vbWhite

End If

'GAS

If Mid(data, InStr(data, "gas"), 5) = "gas=1" Then

    Shape8.BackColor = vbRed

End If

If Mid(data, InStr(data, "gas"), 5) = "gas=0" Then

    Shape8.BackColor = vbWhite

End If

data = ""

'change color label temp

lbltemp1.BackColor = vbWhite

lbltemp2.BackColor = vbWhite

lbltemp3.BackColor = vbWhite

lbltemp4.BackColor = vbWhite

lbltemp5.BackColor = vbWhite

Label6.BackColor = vbWhite

Label7.BackColor = vbWhite

Label8.BackColor = vbWhite

Label9.BackColor = vbWhite

Label10.BackColor = vbWhite

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการนี้จะเป็นลิขสิทธิ์ของใครก็ตาม ผู้ใช้ต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

โค้ด โปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <16F877.h>
```

```
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
```

```
#use delay(clock=20000000)
```

```
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include "input.c"
```

```
int1 SMOKE1;
```

```
int temp0, temp1, temp2, temp3, temp4;
```

```
char ch;
```

```
#INT_RDA
```

```
void RxD_isr()
```

```
{
```

```
    ch = getc();
```

```
    if (ch=='p')
```

```
    {
```

```
        output_E(0x01);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด **ch='m'**; อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    if (ch=='g')
    {

        output_E(0x02);

        ch='m';

    }

    if (ch=='f')
    {

        output_E(0x00);

        ch='m';

    }

}

##### DS1820
#####

#ifndef TOUCH_PIN

#define TOUCH_PIN_0 PIN_B0

#define TOUCH_PIN_1 PIN_B1

#define TOUCH_PIN_2 PIN_B2

#define TOUCH_PIN_3 PIN_B3

#define TOUCH_PIN_4 PIN_B4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดหรือต้องการแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#endif

BYTE touch_read_byte_0()

{

    BYTE i,data0;

    for(i=1;i<=8;++i)

    {

        output_low(TOUCH_PIN_0);

        delay_us(14);

        output_float(TOUCH_PIN_0);

        delay_us(5);

        shift_right(&data0,1,input(TOUCH_PIN_0));

        delay_us(100);

    }

    return(data0);

}

BYTE touch_write_byte_0(BYTE data0) {

    BYTE i;

    for(i=1;i<=8;++i)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_low(TOUCH_PIN_0);

delay_us(10);

if(shift_right(&data0,1,0))

{

output_high(TOUCH_PIN_0);

delay_us(10);

if(!input_state(TOUCH_PIN_0)) return(0);

}

else

{

output_low(TOUCH_PIN_0);

delay_us(10);

if(input_state(TOUCH_PIN_0)) return(0);

}

delay_us(50);

output_high(TOUCH_PIN_0);

delay_us(50);

}

```

```
return(TRUE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

BYTE touch_present_0()

{

    BOOLEAN present0;

    output_low(TOUCH_PIN_0);

    delay_us(500);

    output_float(TOUCH_PIN_0);

    delay_us(5);

    if(!input(TOUCH_PIN_0)) return(FALSE);

    delay_us(65);

    present0=!input(TOUCH_PIN_0);

    delay_us(240);

    if(present0) return(TRUE);

    else return(FALSE);

}

##### END DS1820 0

#####

BYTE touch_read_byte_1()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่า **BYTE j,data1;** อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(j=1;j<=8;++j)

{

output_low(TOUCH_PIN_1);

delay_us(14);

output_float(TOUCH_PIN_1);

delay_us(5);

shift_right(&data1,1,input(TOUCH_PIN_1));

delay_us(100);

}

return(data1);

}

BYTE touch_write_byte_1(BYTE data1) {

BYTE j;

for(j=1;j<=8;++j)

{

output_low(TOUCH_PIN_1);

delay_us(10);

if(shift_right(&data1,1,0))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_high(TOUCH_PIN_1);

delay_us(10);

if(!input_state(TOUCH_PIN_1)) return(0);

}

else

{

output_low(TOUCH_PIN_1);

delay_us(10);

if(input_state(TOUCH_PIN_1)) return(0);

}

delay_us(50);

output_high(TOUCH_PIN_1);

delay_us(50);

}

return(TRUE);

}

BYTE touch_present_10

{

```

BOOLEAN present1; สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_low(TOUCH_PIN_1);

delay_us(500);

output_float(TOUCH_PIN_1);

delay_us(5);

if(!input(TOUCH_PIN_1)) return(FALSE);

delay_us(65);

present1=!input(TOUCH_PIN_1);

delay_us(240);

if(present1) return(TRUE);

else return(FALSE);

}

##### END DS1820 1
#####

BYTE touch_read_byte_2()

{

BYTE k,data2;

for(k=1;k<=8;++k)

{

output_low(TOUCH_PIN_2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 delay_us(14);
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_float(TOUCH_PIN_2);

delay_us(5);

shift_right(&data2,1,input(TOUCH_PIN_2));

delay_us(100);

}

return(data2);

}

BYTE touch_write_byte_2(BYTE data2) {

BYTE k;

for(k=1;k<=8;++k)

{

output_low(TOUCH_PIN_2);

delay_us(10);

if(shift_right(&data2,1,0))

{

output_high(TOUCH_PIN_2);

delay_us(10);

if(!input_state(TOUCH_PIN_2))return(0);

}

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else

{

output_low(TOUCH_PIN_2);

delay_us(10);

if(input_state(TOUCH_PIN_2)) return(0);

}

delay_us(50);

output_high(TOUCH_PIN_2);

delay_us(50);

}

return(TRUE);

}

BYTE touch_present_2()

{

BOOLEAN present2;

output_low(TOUCH_PIN_2);

delay_us(500);

output_float(TOUCH_PIN_2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(!input(TOUCH_PIN_2)) return(FALSE);

delay_us(65);

present2=!input(TOUCH_PIN_2);

delay_us(240);

if(present2) return(TRUE);

else return(FALSE);

}

##### END DS1820 2
#####

BYTE touch_read_byte_3()
{
  BYTE x,data3;
  for(x=1;x<=8;++x)
  {
    output_low(TOUCH_PIN_3);

    delay_us(14);

    output_float(TOUCH_PIN_3);

    delay_us(5);

    shift_right(&data3,1,input(TOUCH_PIN_3));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

return(data3);

}

BYTE touch_write_byte_3(BYTE data3) {

    BYTE x;

    for(x=1;x<=8;++x)
    {
        output_low(TOUCH_PIN_3);
        delay_us(10);
        if(shift_right(&data3,1,0))
        {
            output_high(TOUCH_PIN_3);
            delay_us(10);

            if(!input_state(TOUCH_PIN_3)) return(0);

        }

        else

        {
            output_low(TOUCH_PIN_3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay_us(10);

if(input_state(TOUCH_PIN_3)) return(0);

}

delay_us(50);

output_high(TOUCH_PIN_3);

delay_us(50);

}

return(TRUE);
}

BYTE touch_present_3()
{
    BOOLEAN present3;

    output_low(TOUCH_PIN_3);

    delay_us(500);

    output_float(TOUCH_PIN_3);

    delay_us(5);

    if(!input(TOUCH_PIN_3)) return(FALSE);

    delay_us(65);

    present3=!input(TOUCH_PIN_3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay_us(240);

if(present3) return(TRUE);

else return(FALSE);

}

##### END DS1820 3
#####

BYTE touch_read_byte_4()
{
  BYTE y,data4;
  for(y=1;y<=8;++y)
  {
    output_low(TOUCH_PIN_4);

    delay_us(14);

    output_float(TOUCH_PIN_4);

    delay_us(5);

    shift_right(&data4,1,input(TOUCH_PIN_4));

    delay_us(100);

  }

  return(data4);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BYTE touch_write_byte_4(BYTE data4) {
```

```
    BYTE y;
```

```
    for(y=1;y<=8;++y)
```

```
    {
```

```
        output_low( TOUCH_PIN_4);
```

```
        delay_us(10);
```

```
        if(shift_right(&data4,1,0))
```

```
        {
```

```
            output_high( TOUCH_PIN_4);
```

```
            delay_us(10);
```

```
            if(!input_state( TOUCH_PIN_4)) return(0);
```

```
        }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        output_low( TOUCH_PIN_4);
```

```
        delay_us(10);
```

```
        if(input_state( TOUCH_PIN_4)) return(0);
```

```
    }
```

```
    delay_us(50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    output_high(TOUCH_PIN_4);

    delay_us(50);

}

return(TRUE);

}

BYTE touch_present_4()
{
    BOOLEAN present4;

    output_low(TOUCH_PIN_4);

    delay_us(500);

    output_float(TOUCH_PIN_4);

    delay_us(5);

    if(!input(TOUCH_PIN_4)) return(FALSE);

    delay_us(65);

    present4=!input(TOUCH_PIN_4);

    delay_us(240);

    if(present4) return(TRUE);

    else return(FALSE);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
##### END DS1820 4
```

```
#####
```

```
void readtemp_0(void)
```

```
{
```

```
    BYTE i,buffer0[9];
```

```
    if(touch_present_0())
```

```
    {
```

```
        touch_write_byte_0(0xCC);
```

```
        touch_write_byte_0(0x44);
```

```
        delay_ms(300);
```

```
        touch_present_0();
```

```
        touch_write_byte_0(0xCC);
```

```
        touch_write_byte_0(0xBE);
```

```
        for(i=0; i<9; i++)
```

```
        {
```

```
            buffer0[i]=touch_read_byte_0();
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    temp0=buffer0[0]/2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void readtemp_1(void)

{

    BYTE j,buffer1[9];

    if(touch_present_1())

    {

        touch_write_byte_1(0xCC);

        touch_write_byte_1(0x44);

        delay_ms(300);

        touch_present_1();

        touch_write_byte_1(0xCC);

        touch_write_byte_1(0xBE);

        for(j=0; j<9; j++)

        {

            buffer1[j]=touch_read_byte_1();

        }

    }

    temp1=buffer1[0]/2;

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void readtemp_2(void)
```

```
{
```

```
    BYTE k,buffer2[9];
```

```
    if(touch_present_2())
```

```
    {
```

```
        touch_write_byte_2(0xCC);
```

```
        touch_write_byte_2(0x44);
```

```
        delay_ms(300);
```

```
        touch_present_2();
```

```
        touch_write_byte_2(0xCC);
```

```
        touch_write_byte_2(0xBE);
```

```
        for(k=0; k<9; k++)
```

```
        {
```

```
            buffer2[k]=touch_read_byte_2();
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    temp2=buffer2[0]/2;
```

```
}
```

```
void readtemp_3(void)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{

BYTE x,buffer3[9];

if(touch_present_3())

{

touch_write_byte_3(0xCC);

touch_write_byte_3(0x44);

delay_ms(300);

touch_present_3();

touch_write_byte_3(0xCC);

touch_write_byte_3(0xBE);

for(x=0; x<9; x++)

{

buffer3[x]=touch_read_byte_3();

}

}

temp3=buffer3[0]/2;

}

void readtemp_4(void)

```

{
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BYTE y,buffer4[9];

if(touch_present_4())

{

    touch_write_byte_4(0xCC);

    touch_write_byte_4(0x44);

    delay_ms(300);

    touch_present_4();

    touch_write_byte_4(0xCC);

    touch_write_byte_4(0xBE);

    for(y=0; y<9; y++)

    {

        buffer4[y]=touch_read_byte_4();

    }

}

```

```
temp4=buffer4[0]/2;
```

```
}
```

```
##### END read temp
```

```
#####
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
void showtemp_0(void)
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{

    readtemp_0();

    printf("\rt0%3d",temp0);

}

```

```

void showtemp_1(void)

```

```

{

    readtemp_1();

    printf("t1%3d",temp1);

}

```

```

void showtemp_2(void)

```

```

{

    readtemp_2();

    printf("t2%3d",temp2);

}

```

```

void showtemp_3(void)

```

```

{

    readtemp_3();

    printf("t3%3d",temp3);

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void showtemp_4(void)
{
    readtemp_4();

    printf("t4%3d",temp4);
}

##### END show temp
#####//

void check(void)
{
    int1 lg,ly,lr;
    int1 smoke,pump,alarm,air,gas;
    SMOKE1 = input(PIN_B5);
    if((temp0<=34 || temp1<=34 || temp2<=34 || temp3<=34 || temp4<=34))
    {
        if(SMOKE1==0)
        {
            output_A(0x21);                //green on ,smoke off ,air on (0010 0001)

            output_D(0x00);                //pump off ,gas off ,horn off ,close air off (0000
0000)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ly=0;

lr=0;

smoke=0;

pump=0;

alarm=0;

air=1;

gas=0;
}
if(SMOKE1==1)
{
output_A(0x29);           //green on ,smoke on ,air on (0010 1001)
output_D(0x00);          //pump off ,gas off ,horn off ,close air off (0000
0000)

lg=1;

ly=0;

lr=0;

smoke=1;

pump=0;

alarm=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    gas=0;

}

}

if((temp0>=35&&temp0<=45) || (temp1>=35&&temp1<=45) || (temp2>=35&&temp2<=45) ||
(temp3>=35&&temp3<=45) || (temp4>=35&&temp4<=45))

{

if(SMOKE1==0)

{

output_A(0x22);           //yellow on ,smoke off ,air on (0010 0010)
output_D(0x04);           //pump off ,gas off ,horn on ,close air off (0000
0100)

lg=0;

ly=1;

lr=0;

smoke=0;

pump=0;

alarm=1;

air=1;

gas=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(SMOKE1==1)

{

output_A(0x0C);           //red on ,smoke on ,air off (0000 1100)

output_D(0x0D);           //pump on ,gas off ,horn on ,close air on (0000
1101)

lg=0;

ly=0;

lr=1;

smoke=1;

pump=1;

alarm=1;

air=0;

gas=0;

}

}

if((temp0>=46&&temp0<=69) || (temp1>=46&&temp1<=69) || (temp2>=46&&temp2<=69) ||
(temp3>=46&&temp3<=69) || (temp4>=46&&temp4<=69))

{

if(SMOKE1==0)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_A(0x04);           //red on ,smoke off ,air off (0000 0100)

output_D(0x0D);          //pump on ,gas off ,horn on ,close air on (0000
1101)

lg=0;

ly=0;

lr=1;

smoke=0;

pump=1;

alarm=1;

air=0;

gas=0;
}

if(SMOKE1==1)
{

output_A(0x0C);          //red on ,smoke on ,air off (0000 1100)

output_D(0x0D);          //pump on ,gas off ,horn on ,close air on (0000
1101)

lg=0;

ly=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

smoke=1;

pump=1;

alarm=1;

air=0;

gas=0;

}

}

if((temp0>=70 || temp1>=70 || temp2>=70 || temp3>=70 || temp4>=70))
{
if(SMOKE1==0)
{
output_A(0x04); //red on ,smoke off ,air off (0000 0100)
output_D(0x0E); //pump off ,gas on ,horn on ,close air on (0000
1110)

lg=0;

ly=0;

lr=1;

smoke=0;

pump=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    air=0;

    gas=1;

}

if(SMOKE1==1)

{

    output_A(0x0C);           //red on ,smoke on ,air off (0000 1100)

    output_D(0x0E);           //pump off ,gas on ,horn on ,close air on (0000
1110)

    lg=0;
    ly=0;
    lr=1;
    smoke=1;
    pump=0;
    alarm=1;
    air=0;
    gas=1;

}

}

printf("lg=%1d",lg);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
delay us(10); ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("ly=%1d",ly);

delay_us(10);

printf("lr=%1d",lr);

delay_us(10);

printf("sm=%1d",smoke);

delay_us(10);

printf("al=%1d",alarm);

delay_us(10);

printf("air=%1d",air);

delay_us(10);

printf("pu=%1d",pump);

delay_us(10);

printf("gas=%1d",gas);

delay_us(10);
}

```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
set_tris_d(0x00);
```

```
set_tris_a(0x00);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
set_tris_e(0x00);

output_e(0x00);

output_d(0x00);

output_a(0x00);

enable_interrupts(GLOBAL);

enable_interrupts(INT_RDA);

delay_ms(5000);

while(true)
{
    check();
    showtemp_00;
    showtemp_10;
    showtemp_20;
    showtemp_30;
    showtemp_40;
} // end while(true)

} // end main
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน DS1820



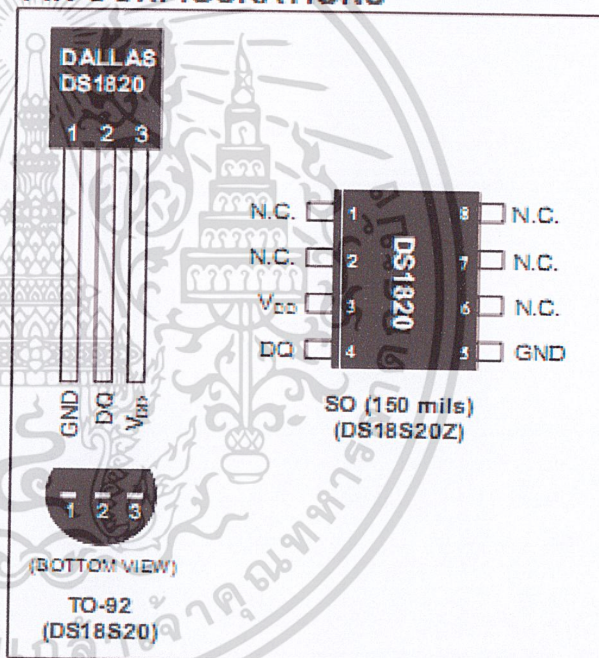
DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Unique 1-Wire[®] Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Each Device has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in an On-Board ROM
- Multidrop Capability Simplifies Distributed Temperature Sensing Applications
- Requires No External Components
- Can Be Powered From Data Line. Power Supply Range is 3.0V to 5.5V
- Measures Temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ Accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- 9-Bit Thermometer Resolution
- Converts Temperature in 750ms (max)
- User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings
- Alarm Search Command Identifies and Addresses Devices Whose Temperature is Outside Programmed Limits (Temperature Alarm Condition)
- Applications Include Thermostatic Controls, Industrial Systems, Consumer Products, Thermometers, or Any Thermally Sensitive System

PIN CONFIGURATIONS



DESCRIPTION

The DS18S20 digital thermometer provides 9-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18S20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ and is accurate to $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over the range of -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$. In addition, the DS18S20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18S20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18S20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18S20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.
 เมื่อกำหนดค่าต่างๆ ที่ส่ง ออกทางหามมให้ตดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS18S20	-55°C to +125°C	3 TO-92	DS1820
DS18S20+	-55°C to +125°C	3 TO-92	DS1820
DS18S20/T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)	DS1820
DS18S20+T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)	DS1820
DS18S20-SL/T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)*	DS1820
DS18S20-SL+T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)*	DS1820
DS18S20Z	-55°C to +125°C	8 SO	DS18S20
DS18S20Z+	-55°C to +125°C	8 SO	DS18S20
DS18S20Z/T&R	-55°C to +125°C	8 SO (2500 Piece)	DS18S20
DS18S20Z+T&R	-55°C to +125°C	8 SO (2500 Piece)	DS18S20

+Denotes a lead-free package. A "+" will appear on the top mark of lead-free packages.

T&R = Tape and reel.

*TO-92 packages in tape and reel can be ordered with straight or formed leads. Choose "SL" for straight leads. Bulk TO-92 orders are straight leads only.

PIN DESCRIPTION

PIN		NAME	FUNCTION
TO-92	SO		
1	5	GND	Ground
2	4	DQ	Data Input/Output. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see the <i>Powering the DS18S20</i> section.)
3	3	V _{DD}	Optional V _{DD} . V _{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.
—	1, 2, 6, 7, 8	N.C.	No Connection

OVERVIEW

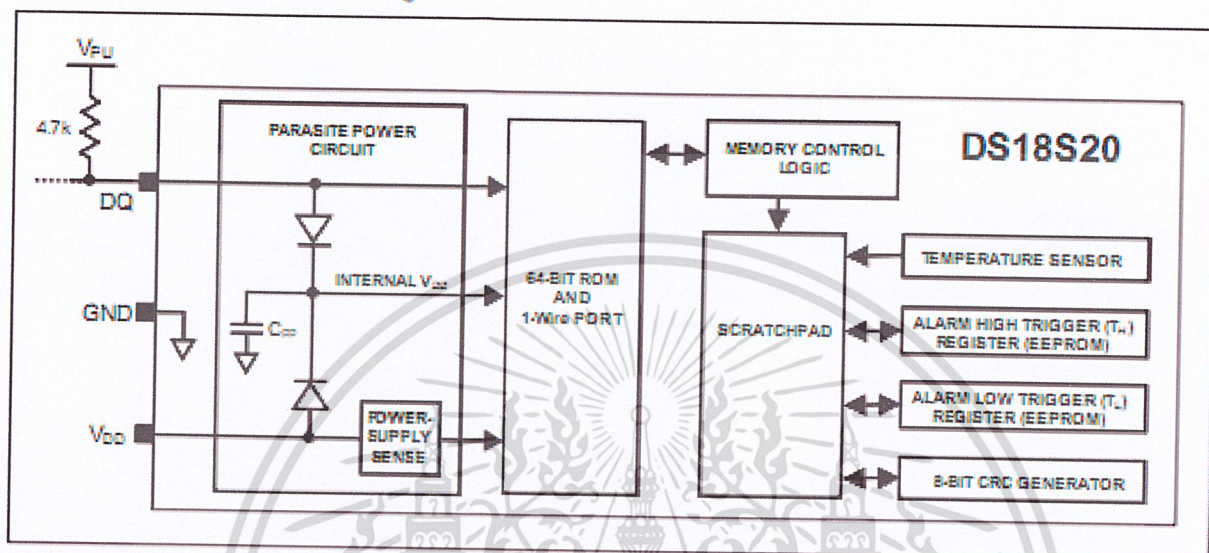
Figure 1 shows a block diagram of the DS18S20, and pin descriptions are given in the *Pin Description* table. The 64-bit ROM stores the device's unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers (T_H and T_L). The T_H and T_L registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

The DS18S20 uses Maxim's exclusive 1-Wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18S20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device's unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one bus is virtually unlimited. The 1-Wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and "time slots," is covered in the *1-Wire Bus System* section.

Another feature of the DS18S20 is the ability to operate without an external power supply. Power is instead supplied through the 1-Wire pullup resistor via the DQ pin when the bus is high. The high bus signal also charges an internal capacitor (C_{PP}), which then supplies power to the device when the bus is low. This method of deriving power from the 1-Wire bus is referred to as "parasite power." As an alternative, the DS18S20 may also be powered by an external supply on V_{DD}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. DS18S20 Block Diagram



OPERATION—MEASURING TEMPERATURE

The core functionality of the DS18S20 is its direct-to-digital temperature sensor. The temperature sensor output has 9-bit resolution, which corresponds to 0.5°C steps. The DS18S20 powers-up in a low-power idle state; to initiate a temperature measurement and A-to-D conversion, the master must issue a Convert T [44h] command. Following the conversion, the resulting thermal data is stored in the 2-byte temperature register in the scratchpad memory and the DS18S20 returns to its idle state. If the DS18S20 is powered by an external supply, the master can issue “read-time slots” (see the *1-Wire Bus System* section) after the Convert T command and the DS18S20 will respond by transmitting 0 while the temperature conversion is in progress and 1 when the conversion is done. If the DS18S20 is powered with parasite power, this notification technique cannot be used since the bus must be pulled high by a strong pullup during the entire temperature conversion. The bus requirements for parasite power are explained in detail in the *Powering the DS18S20* section.

The DS18S20 output data is calibrated in degrees centigrade; for Fahrenheit applications, a lookup table or conversion routine must be used. The temperature data is stored as a 16-bit sign-extended two’s complement number in the temperature register (see Figure 2). The sign bits (S) indicate if the temperature is positive or negative: for positive numbers S = 0 and for negative numbers S = 1. Table 1 gives examples of digital output data and the corresponding temperature reading.

Resolutions greater than 9 bits can be calculated using the data from the temperature, COUNT REMAIN and COUNT PER °C registers in the scratchpad. Note that the COUNT PER °C register is hard-wired to 16 (10h). After reading the scratchpad, the TEMP_READ value is obtained by truncating the 0.5°C bit (bit 0) from the temperature data (see Figure 2). The extended resolution temperature can then be calculated using the following equation:

$$TEMPERATURE = TEMP_READ - 0.25 + \frac{COUNT_PER_C - COUNT_REMAIN}{COUNT_PER_C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Temperature Register Format

LS BYTE	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
MS BYTE	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
	S	S	S	S	S	S	S	S

S = SIGN

Table 1. Temperature/Data Relationship

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+85.0*	0000 0000 1010 1010	00AAh
+25.0	0000 0000 0011 0010	0032h
+0.5	0000 0000 0000 0001	0001h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1111	FFFFh
-25.0	1111 1111 1100 1110	FFCEh
-55.0	1111 1111 1001 0010	FF92h

*The power-on reset value of the temperature register is -55°C.

OPERATION—ALARM SIGNALING

After the DS18S20 performs a temperature conversion, the temperature value is compared to the user-defined two's complement alarm trigger values stored in the 1-byte T_H and T_L registers (see Figure 3). The sign bit (S) indicates if the value is positive or negative: for positive numbers $S = 0$ and for negative numbers $S = 1$. The T_H and T_L registers are nonvolatile (EEPROM) so they will retain data when the device is powered down. T_H and T_L can be accessed through bytes 2 and 3 of the scratchpad as explained in the *Memory* section.

Figure 3. T_H and T_L Register Format

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
S	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Only bits 8 through 1 of the temperature register are used in the T_H and T_L comparison since T_H and T_L are 8-bit registers. If the measured temperature is lower than or equal to T_L or higher than T_H , an alarm condition exists and an alarm flag is set inside the DS18S20. This flag is updated after every temperature measurement; therefore, if the alarm condition goes away, the flag will be turned off after the next temperature conversion.

The master device can check the alarm flag status of all DS18S20s on the bus by issuing an Alarm Search [ECh] command. Any DS18S20s with a set alarm flag will respond to the command, so the master can determine exactly which DS18S20s have experienced an alarm condition. If an alarm condition exists and the T_H or T_L settings have changed, another temperature conversion should be done to validate the alarm condition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWERING THE DS18S20

The DS18S20 can be powered by an external supply on the V_{DD} pin, or it can operate in “parasite power” mode, which allows the DS18S20 to function without a local external supply. Parasite power is very useful for applications that require remote temperature sensing or that are very space constrained. Figure 1 shows the DS18S20’s parasite-power control circuitry, which “steals” power from the 1-Wire bus via the DQ pin when the bus is high. The stolen charge powers the DS18S20 while the bus is high, and some of the charge is stored on the parasite power capacitor (C_{PP}) to provide power when the bus is low. When the DS18S20 is used in parasite power mode, the V_{DD} pin must be connected to ground.

In parasite power mode, the 1-Wire bus and C_{PP} can provide sufficient current to the DS18S20 for most operations as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the *DC Electrical Characteristics* and the *AC Electrical Characteristics*). However, when the DS18S20 is performing temperature conversions or copying data from the scratchpad memory to EEPROM, the operating current can be as high as 1.5mA. This current can cause an unacceptable voltage drop across the weak 1-Wire pullup resistor and is more current than can be supplied by C_{PP} . To assure that the DS18S20 has sufficient supply current, it is necessary to provide a strong pullup on the 1-Wire bus whenever temperature conversions are taking place or data is being copied from the scratchpad to EEPROM. This can be accomplished by using a MOSFET to pull the bus directly to the rail as shown in Figure 4. The 1-Wire bus must be switched to the strong pullup within 10 μ s (max) after a Convert T [44h] or Copy Scratchpad [48h] command is issued, and the bus must be held high by the pullup for the duration of the conversion (t_{CONV}) or data transfer ($t_{WR} = 10$ ms). No other activity can take place on the 1-Wire bus while the pullup is enabled.

The DS18S20 can also be powered by the conventional method of connecting an external power supply to the V_{DD} pin, as shown in Figure 5. The advantage of this method is that the MOSFET pullup is not required, and the 1-Wire bus is free to carry other traffic during the temperature conversion time.

The use of parasite power is not recommended for temperatures above 100°C since the DS18S20 may not be able to sustain communications due to the higher leakage currents that can exist at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that the DS18S20 be powered by an external power supply.

In some situations the bus master may not know whether the DS18S20s on the bus are parasite powered or powered by external supplies. The master needs this information to determine if the strong bus pullup should be used during temperature conversions. To get this information, the master can issue a Skip ROM [CCh] command followed by a Read Power Supply [B4h] command followed by a “read-time slot”. During the read-time slot, parasite powered DS18S20s will pull the bus low, and externally powered DS18S20s will let the bus remain high. If the bus is pulled low, the master knows that it must supply the strong pullup on the 1-Wire bus during temperature conversions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4. Supplying the Parasite-Powered DS18S20 During Temperature Conversions

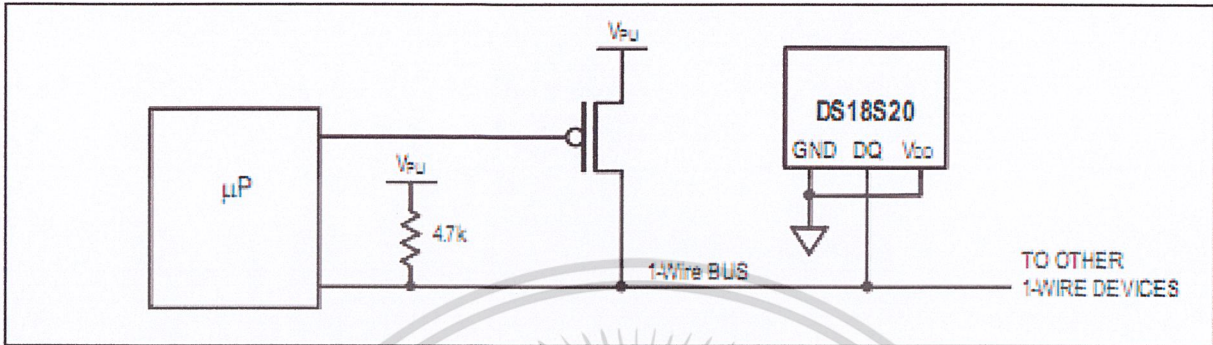
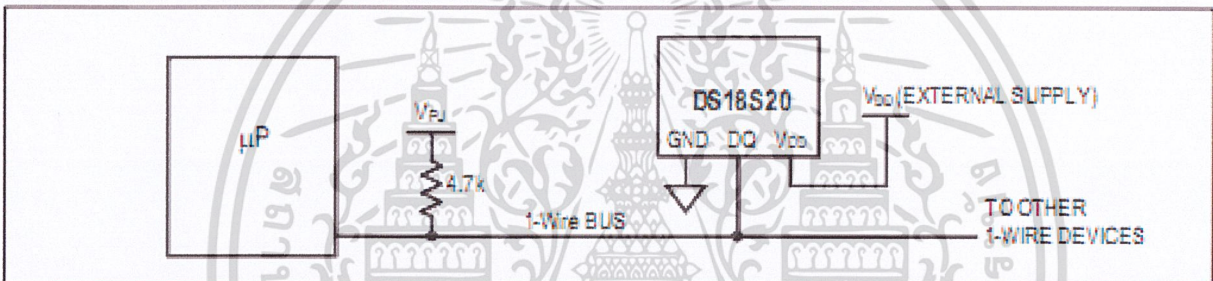


Figure 5. Powering the DS18S20 with an External Supply



64-BIT LASERED ROM CODE

Each DS18S20 contains a unique 64-bit code (see Figure 6) stored in ROM. The least significant 8 bits of the ROM code contain the DS18S20's 1-Wire family code: 10h. The next 48 bits contain a unique serial number. The most significant 8 bits contain a cyclic redundancy check (CRC) byte that is calculated from the first 56 bits of the ROM code. A detailed explanation of the CRC bits is provided in the *CRC Generation* section. The 64-bit ROM code and associated ROM function control logic allow the DS18S20 to operate as a 1-Wire device using the protocol detailed in the *1-Wire Bus System* section.

Figure 6. 64-Bit Lasered ROM Code

8-BIT CRC		48-BIT SERIAL NUMBER				8-BIT FAMILY CODE (10h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY

The DS18S20's memory is organized as shown in Figure 7. The memory consists of an SRAM scratchpad with nonvolatile EEPROM storage for the high and low alarm trigger registers (T_H and T_L). Note that if the DS18S20 alarm function is not used, the T_H and T_L registers can serve as general-purpose memory. All memory commands are described in detail in the *DS18S20 Function Commands* section.

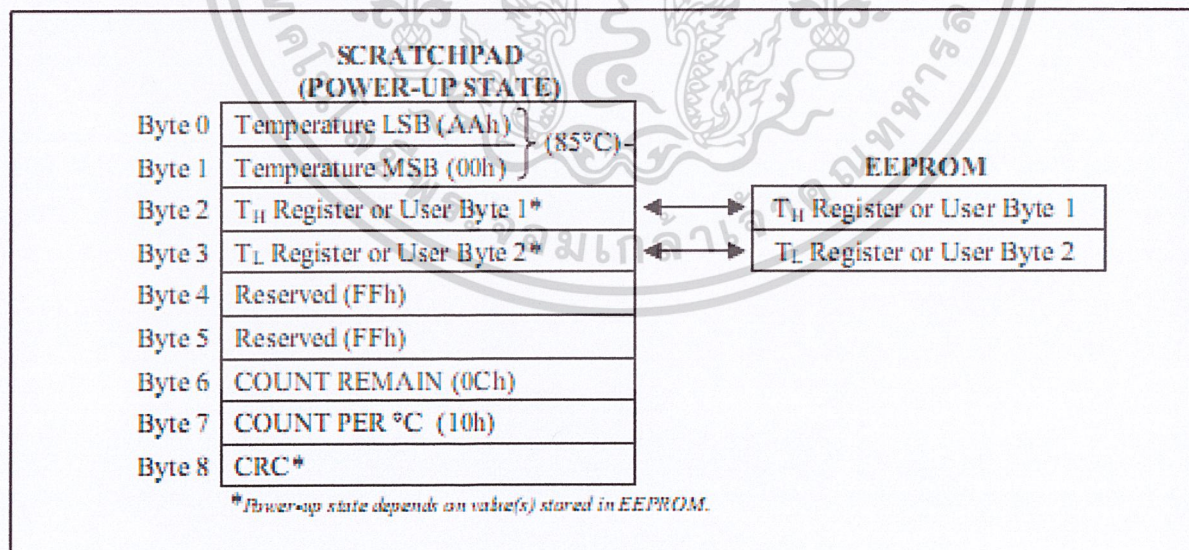
Byte 0 and byte 1 of the scratchpad contain the LSB and the MSB of the temperature register, respectively. These bytes are read-only. Bytes 2 and 3 provide access to T_H and T_L registers. Bytes 4 and 5 are reserved for internal use by the device and cannot be overwritten; these bytes will return all 1s when read. Bytes 6 and 7 contain the COUNT REMAIN and COUNT PER °C registers, which can be used to calculate extended resolution results as explained in the *Operation—Measuring Temperature* section.

Byte 8 of the scratchpad is read-only and contains the CRC code for bytes 0 through 7 of the scratchpad. The DS18S20 generates this CRC using the method described in the *CRC Generation* section.

Data is written to bytes 2 and 3 of the scratchpad using the Write Scratchpad [4Eh] command; the data must be transmitted to the DS18S20 starting with the least significant bit of byte 2. To verify data integrity, the scratchpad can be read (using the Read Scratchpad [BEh] command) after the data is written. When reading the scratchpad, data is transferred over the 1-Wire bus starting with the least significant bit of byte 0. To transfer the T_H and T_L data from the scratchpad to EEPROM, the master must issue the Copy Scratchpad [48h] command.

Data in the EEPROM registers is retained when the device is powered down; at power-up the EEPROM data is reloaded into the corresponding scratchpad locations. Data can also be reloaded from EEPROM to the scratchpad at any time using the Recall E¹ [B8h] command. The master can issue "read-time slots" (see the *1-Wire Bus System* section) following the Recall E² command and the DS18S20 will indicate the status of the recall by transmitting 0 while the recall is in progress and 1 when the recall is done.

Figure 7. DS18S20 Memory Map



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CRC GENERATION

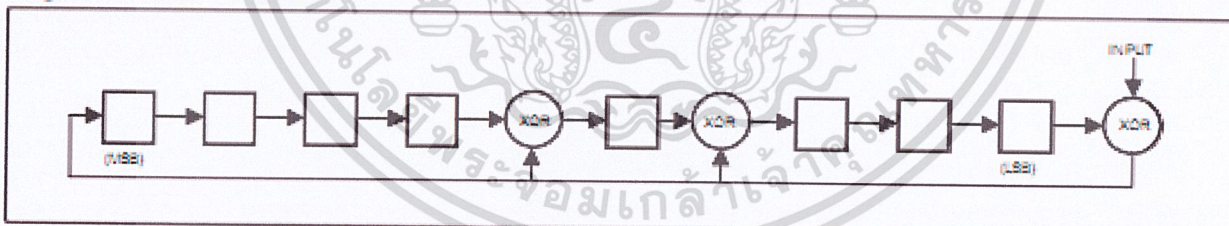
CRC bytes are provided as part of the DS18S20's 64-bit ROM code and in the 9th byte of the scratchpad memory. The ROM code CRC is calculated from the first 56 bits of the ROM code and is contained in the most significant byte of the ROM. The scratchpad CRC is calculated from the data stored in the scratchpad, and therefore it changes when the data in the scratchpad changes. The CRCs provide the bus master with a method of data validation when data is read from the DS18S20. To verify that data has been read correctly, the bus master must re-calculate the CRC from the received data and then compare this value to either the ROM code CRC (for ROM reads) or to the scratchpad CRC (for scratchpad reads). If the calculated CRC matches the read CRC, the data has been received error free. The comparison of CRC values and the decision to continue with an operation are determined entirely by the bus master. There is no circuitry inside the DS18S20 that prevents a command sequence from proceeding if the DS18S20 CRC (ROM or scratchpad) does not match the value generated by the bus master.

The equivalent polynomial function of the CRC (ROM or scratchpad) is:

$$\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

The bus master can re-calculate the CRC and compare it to the CRC values from the DS18S20 using the polynomial generator shown in Figure 8. This circuit consists of a shift register and XOR gates, and the shift register bits are initialized to 0. Starting with the least significant bit of the ROM code or the least significant bit of byte 0 in the scratchpad, one bit at a time should be shifted into the shift register. After shifting in the 56th bit from the ROM or the most significant bit of byte 7 from the scratchpad, the polynomial generator will contain the re-calculated CRC. Next, the 8-bit ROM code or scratchpad CRC from the DS18S20 must be shifted into the circuit. At this point, if the re-calculated CRC was correct, the shift register will contain all 0s. Additional information about the Maxim 1-Wire cyclic redundancy check is available in *Application Note 27: Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Maxim [Button Products]*.

Figure 8. CRC Generator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-WIRE BUS SYSTEM

The 1-Wire bus system uses a single bus master to control one or more slave devices. The DS18S20 is always a slave. When there is only one slave on the bus, the system is referred to as a “single-drop” system; the system is “multidrop” if there are multiple slaves on the bus.

All data and commands are transmitted least significant bit first over the 1-Wire bus.

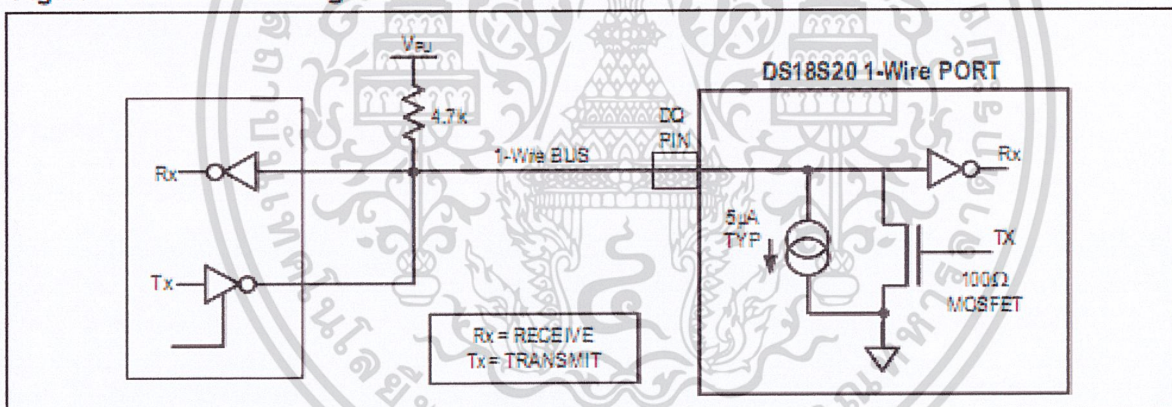
The following discussion of the 1-Wire bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1-Wire signaling (signal types and timing).

HARDWARE CONFIGURATION

The 1-Wire bus has by definition only a single data line. Each device (master or slave) interfaces to the data line via an open drain or 3-state port. This allows each device to “release” the data line when the device is not transmitting data so the bus is available for use by another device. The 1-Wire port of the DS18S20 (the DQ pin) is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in Figure 9.

The 1-Wire bus requires an external pullup resistor of approximately $5k\Omega$; thus, the idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus **MUST** be left in the idle state if the transaction is to resume. Infinite recovery time can occur between bits so long as the 1-Wire bus is in the inactive (high) state during the recovery period. If the bus is held low for more than $480\mu s$, all components on the bus will be reset.

Figure 9. Hardware Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSACTION SEQUENCE

The transaction sequence for accessing the DS18S20 is as follows:

- Step 1. Initialization
- Step 2. ROM Command (followed by any required data exchange)
- Step 3. DS18S20 Function Command (followed by any required data exchange)

It is very important to follow this sequence every time the DS18S20 is accessed, as the DS18S20 will not respond if any steps in the sequence are missing or out of order. Exceptions to this rule are the Search ROM [F0h] and Alarm Search [ECh] commands. After issuing either of these ROM commands, the master must return to Step 1 in the sequence.

INITIALIZATION

All transactions on the 1-Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by presence pulse(s) transmitted by the slave(s). The presence pulse lets the bus master know that slave devices (such as the DS18S20) are on the bus and are ready to operate. Timing for the reset and presence pulses is detailed in the *1-Wire Signaling* section.

ROM COMMANDS

After the bus master has detected a presence pulse, it can issue a ROM command. These commands operate on the unique 64-bit ROM codes of each slave device and allow the master to single out a specific device if many are present on the 1-Wire bus. These commands also allow the master to determine how many and what types of devices are present on the bus or if any device has experienced an alarm condition. There are five ROM commands, and each command is 8 bits long. The master device must issue an appropriate ROM command before issuing a DS18S20 function command. A flowchart for operation of the ROM commands is shown in Figure 14.

SEARCH ROM [F0h]

When a system is initially powered up, the master must identify the ROM codes of all slave devices on the bus, which allows the master to determine the number of slaves and their device types. The master learns the ROM codes through a process of elimination that requires the master to perform a Search ROM cycle (i.e., Search ROM command followed by data exchange) as many times as necessary to identify all of the slave devices. If there is only one slave on the bus, the simpler Read ROM command (see below) can be used in place of the Search ROM process. For a detailed explanation of the Search ROM procedure, refer to the *1Button® Book of Standards* at www.maxim-ic.com/1buttonbook. After every Search ROM cycle, the bus master must return to Step 1 (Initialization) in the transaction sequence.

READ ROM [33h]

This command can only be used when there is one slave on the bus. It allows the bus master to read the slave's 64-bit ROM code without using the Search ROM procedure. If this command is used when there is more than one slave present on the bus, a data collision will occur when all the slaves attempt to respond at the same time.

MATCH ROM [55h]

The match ROM command followed by a 64-bit ROM code sequence allows the bus master to address a specific slave device on a multidrop or single-drop bus. Only the slave that exactly matches the 64-bit ROM code sequence will respond to the function command issued by the master; all other slaves on the bus will wait for a reset pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SKIP ROM [CCh]

The master can use this command to address all devices on the bus simultaneously without sending out any ROM code information. For example, the master can make all DS18S20s on the bus perform simultaneous temperature conversions by issuing a Skip ROM command followed by a Convert T [44h] command.

Note that the Read Scratchpad [BEh] command can follow the Skip ROM command only if there is a single slave device on the bus. In this case, time is saved by allowing the master to read from the slave without sending the device's 64-bit ROM code. A Skip ROM command followed by a Read Scratchpad command will cause a data collision on the bus if there is more than one slave since multiple devices will attempt to transmit data simultaneously.

ALARM SEARCH [ECh]

The operation of this command is identical to the operation of the Search ROM command except that only slaves with a set alarm flag will respond. This command allows the master device to determine if any DS18S20s experienced an alarm condition during the most recent temperature conversion. After every Alarm Search cycle (i.e., Alarm Search command followed by data exchange), the bus master must return to Step 1 (Initialization) in the transaction sequence. See the *Operation—Alarm Signaling* section for an explanation of alarm flag operation.

DS18S20 FUNCTION COMMANDS

After the bus master has used a ROM command to address the DS18S20 with which it wishes to communicate, the master can issue one of the DS18S20 function commands. These commands allow the master to write to and read from the DS18S20's scratchpad memory, initiate temperature conversions and determine the power supply mode. The DS18S20 function commands, which are described below, are summarized in Table 2 and illustrated by the flowchart in Figure 15.

CONVERT T [44h]

This command initiates a single temperature conversion. Following the conversion, the resulting thermal data is stored in the 2-byte temperature register in the scratchpad memory and the DS18S20 returns to its low-power idle state. If the device is being used in parasite power mode, within 10 μ s (max) after this command is issued the master must enable a strong pullup on the 1-Wire bus for the duration of the conversion (t_{CONV}) as described in the *Powering the DS18S20* section. If the DS18S20 is powered by an external supply, the master can issue read-time slots after the Convert T command and the DS18S20 will respond by transmitting 0 while the temperature conversion is in progress and 1 when the conversion is done. In parasite power mode this notification technique cannot be used since the bus is pulled high by the strong pullup during the conversion.

WRITE SCRATCHPAD [4Eh]

This command allows the master to write 2 bytes of data to the DS18S20's scratchpad. The first byte is written into the T_H register (byte 2 of the scratchpad), and the second byte is written into the T_L register (byte 3 of the scratchpad). Data must be transmitted least significant bit first. Both bytes MUST be written before the master issues a reset, or the data may be corrupted.

READ SCRATCHPAD [BEh]

This command allows the master to read the contents of the scratchpad. The data transfer starts with the least significant bit of byte 0 and continues through the scratchpad until the 9th byte (byte 8 – CRC) is read. The master may issue a reset to terminate reading at any time if only part of the scratchpad data is needed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPY SCRATCHPAD [48h]

This command copies the contents of the scratchpad T_H and T_L registers (bytes 2 and 3) to EEPROM. If the device is being used in parasite power mode, within 10 μ s (max) after this command is issued the master must enable a strong pullup on the 1-Wire bus for at least 10ms as described in the *Powering the DS18S20* section.

RECALL E² [B8h]

This command recalls the alarm trigger values (T_H and T_L) from EEPROM and places the data in bytes 2 and 3, respectively, in the scratchpad memory. The master device can issue read-time slots following the Recall E² command and the DS18S20 will indicate the status of the recall by transmitting 0 while the recall is in progress and 1 when the recall is done. The recall operation happens automatically at power-up, so valid data is available in the scratchpad as soon as power is applied to the device.

READ POWER SUPPLY [B4h]

The master device issues this command followed by a read-time slot to determine if any DS18S20s on the bus are using parasite power. During the read-time slot, parasite powered DS18S20s will pull the bus low, and externally powered DS18S20s will let the bus remain high. See the *Powering the DS18S20* section for usage information for this command.

Table 2. DS18S20 Function Command Set

COMMAND	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-Wire BUS ACTIVITY AFTER COMMAND IS ISSUED	NOTES
TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	DS18S20 transmits conversion status to master (not applicable for parasite-powered DS18S20s).	1
MEMORY COMMANDS				
Read Scratchpad	Reads the entire scratchpad including the CRC byte.	BEh	DS18S20 transmits up to 9 data bytes to master.	2
Write Scratchpad	Writes data into scratchpad bytes 2 and 3 (T_H and T_L).	4Eh	Master transmits 2 data bytes to DS18S20.	3
Copy Scratchpad	Copies T_H and T_L data from the scratchpad to EEPROM.	48h	None	1
Recall E ²	Recalls T_H and T_L data from EEPROM to the scratchpad.	B8h	DS18S20 transmits recall status to master.	
Read Power Supply	Signals DS18S20 power supply mode to the master.	B4h	DS18S20 transmits supply status to master.	

Note 1: For parasite-powered DS18S20s, the master must enable a strong pullup on the 1-Wire bus during temperature conversions and copies from the scratchpad to EEPROM. No other bus activity may take place during this time.

Note 2: The master can interrupt the transmission of data at any time by issuing a reset.

Note 3: Both bytes must be written before a reset is issued.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-WIRE SIGNALING

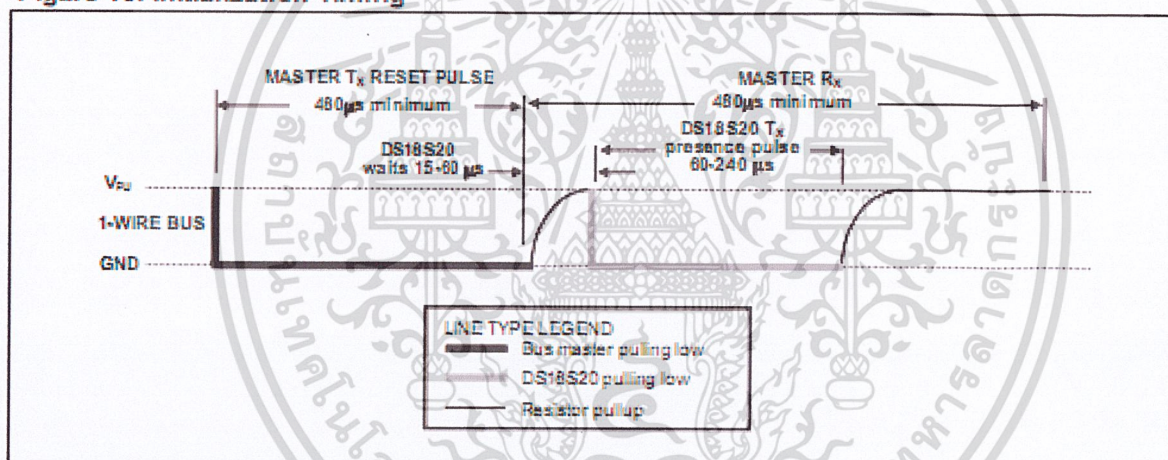
The DS18S20 uses a strict 1-Wire communication protocol to ensure data integrity. Several signal types are defined by this protocol: reset pulse, presence pulse, write 0, write 1, read 0, and read 1. All these signals, with the exception of the presence pulse, are initiated by the bus master.

INITIALIZATION PROCEDURE—RESET AND PRESENCE PULSES

All communication with the DS18S20 begins with an initialization sequence that consists of a reset pulse from the master followed by a presence pulse from the DS18S20. This is illustrated in Figure 10. When the DS18S20 sends the presence pulse in response to the reset, it is indicating to the master that it is on the bus and ready to operate.

During the initialization sequence the bus master transmits (T_x) the reset pulse by pulling the 1-Wire bus low for a minimum of 480 μ s. The bus master then releases the bus and goes into receive mode (R_x). When the bus is released, the 5k Ω pullup resistor pulls the 1-Wire bus high. When the DS18S20 detects this rising edge, it waits 15 μ s to 60 μ s and then transmits a presence pulse by pulling the 1-Wire bus low for 60 μ s to 240 μ s.

Figure 10. Initialization Timing



READ/WRITE TIME SLOTS

The bus master writes data to the DS18S20 during write time slots and reads data from the DS18S20 during read-time slots. One bit of data is transmitted over the 1-Wire bus per time slot.

WRITE TIME SLOTS

There are two types of write time slots: “Write 1” time slots and “Write 0” time slots. The bus master uses a Write 1 time slot to write a logic 1 to the DS18S20 and a Write 0 time slot to write a logic 0 to the DS18S20. All write time slots must be a minimum of 60 μ s in duration with a minimum of a 1 μ s recovery time between individual write slots. Both types of write time slots are initiated by the master pulling the 1-Wire bus low (see Figure 11).

To generate a Write 1 time slot, after pulling the 1-Wire bus low, the bus master must release the 1-Wire bus within 15 μ s. When the bus is released, the 5k Ω pullup resistor will pull the bus high. To generate a Write 0 time slot, after pulling the 1-Wire bus low, the bus master must continue to hold the bus low for the duration of the time slot (at least 60 μ s). The DS18S20 samples the 1-Wire bus during a window that lasts from 15 μ s to 60 μ s after the master initiates the write time slot. If the bus is high during the sampling window, a 1 is written to the DS18S20. If the line is low, a 0 is written to the DS18S20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

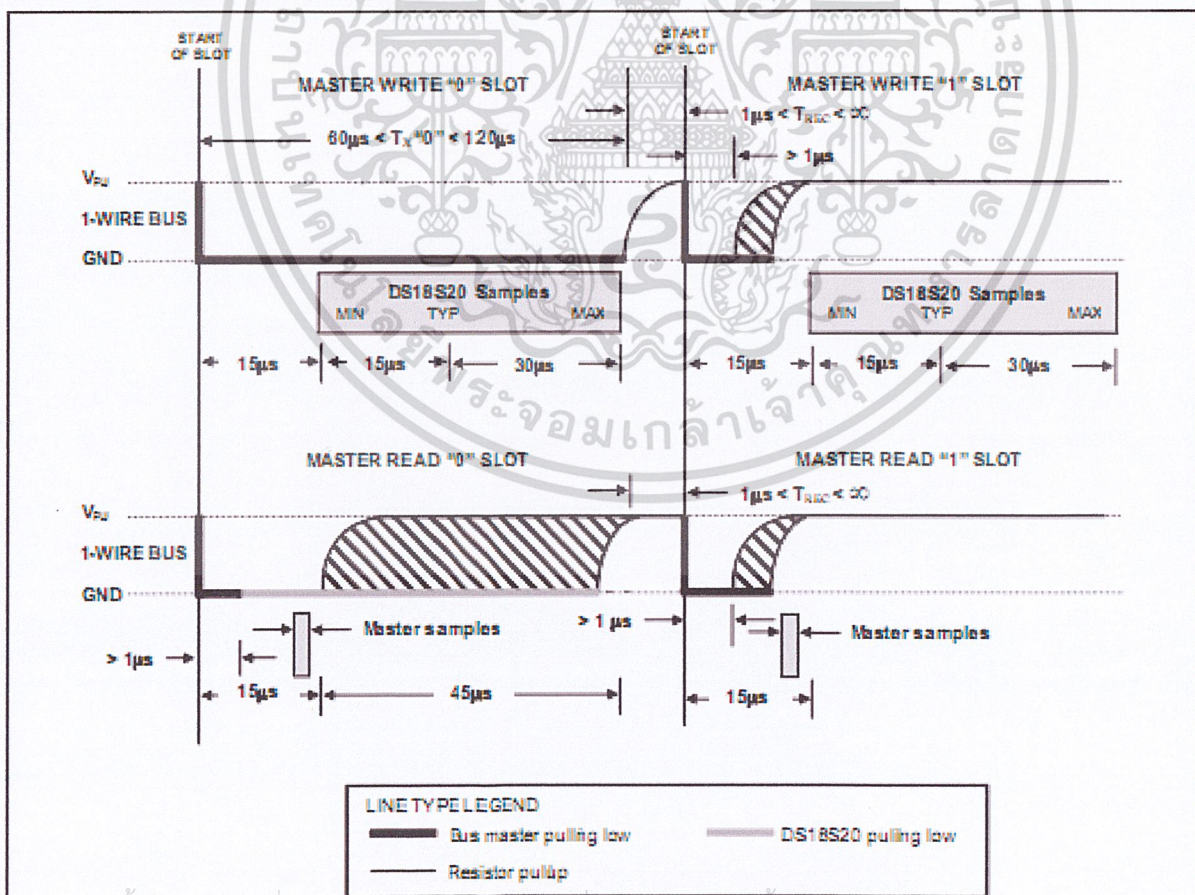
READ-TIME SLOTS

The DS18S20 can only transmit data to the master when the master issues read-time slots. Therefore, the master must generate read-time slots immediately after issuing a Read Scratchpad [BEh] or Read Power Supply [B4h] command, so that the DS18S20 can provide the requested data. In addition, the master can generate read-time slots after issuing Convert T [44h] or Recall E² [B8h] commands to find out the status of the operation as explained in the *DS18S20 Function Commands* section.

All read-time slots must be a minimum of 60µs in duration with a minimum of a 1µs recovery time between slots. A read-time slot is initiated by the master device pulling the 1-Wire bus low for a minimum of 1µs and then releasing the bus (see Figure 11). After the master initiates the read-time slot, the DS18S20 will begin transmitting a 1 or 0 on bus. The DS18S20 transmits a 1 by leaving the bus high and transmits a 0 by pulling the bus low. When transmitting a 0, the DS18S20 will release the bus by the end of the time slot, and the bus will be pulled back to its high idle state by the pullup resistor. Output data from the DS18S20 is valid for 15µs after the falling edge that initiated the read-time slot. Therefore, the master must release the bus and then sample the bus state within 15µs from the start of the slot.

Figure 12 illustrates that the sum of T_{INIT} , T_{RC} , and T_{SAMPLE} must be less than 15µs for a read-time slot. Figure 13 shows that system timing margin is maximized by keeping T_{INIT} and T_{RC} as short as possible and by locating the master sample time during read-time slots towards the end of the 15µs period.

Figure 11. Read/Write Time Slot Timing Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 12. Detailed Master Read 1 Timing

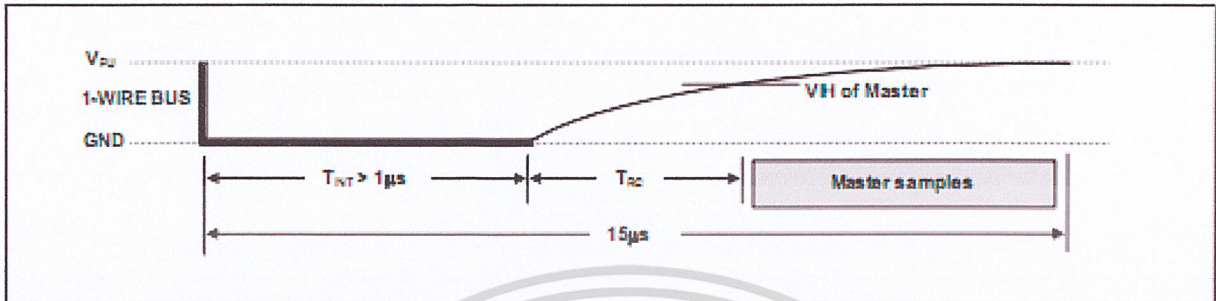
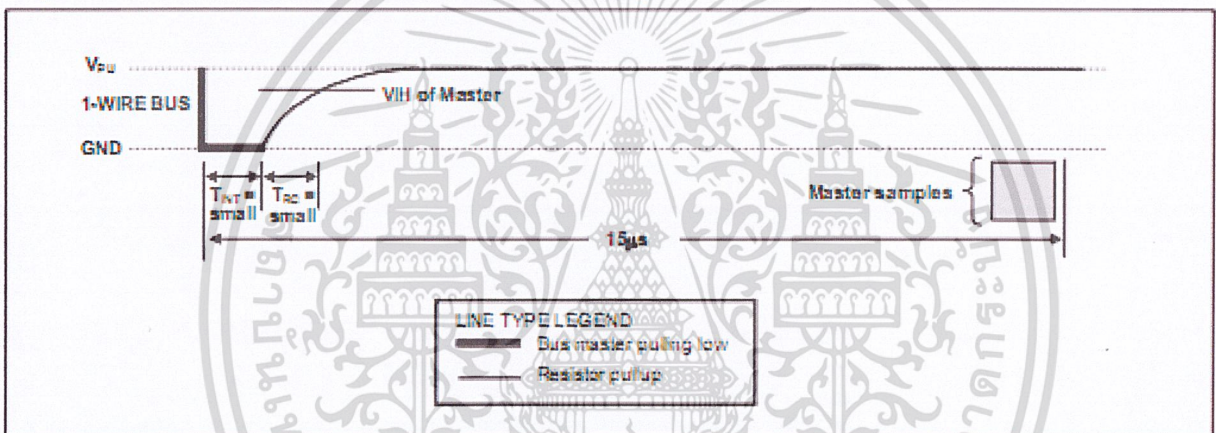
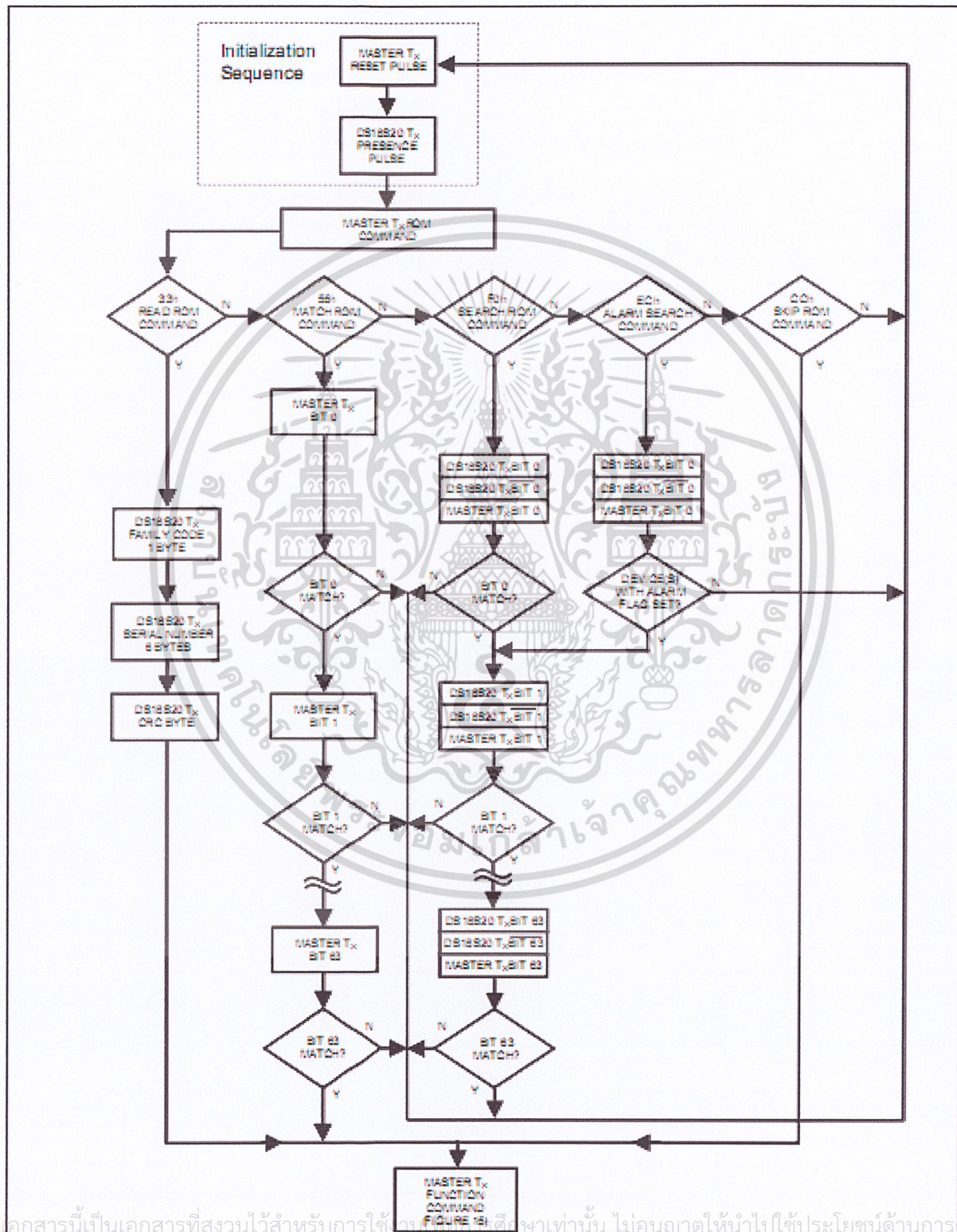


Figure 13. Recommended Master Read 1 Timing



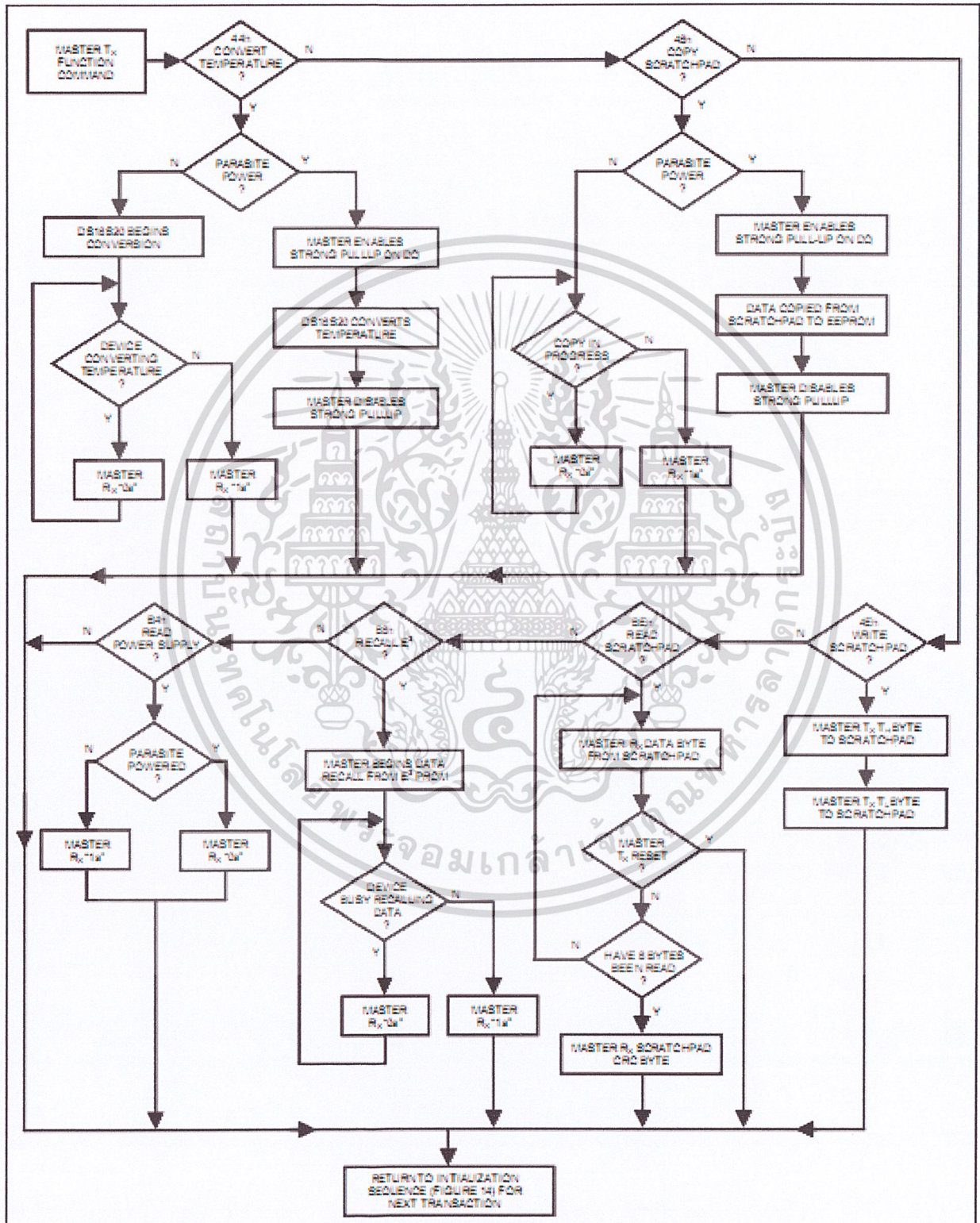
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 14. ROM Commands Flowchart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 15. DS18S20 Function Commands Flowchart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS18S20 OPERATION EXAMPLE 1

In this example there are multiple DS18S20s on the bus and they are using parasite power. The bus master initiates a temperature conversion in a specific DS18S20 and then reads its scratchpad and recalculates the CRC to verify the data.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20s respond with presence pulse.
Tx	55h	Master issues Match ROM command.
Tx	64-bit ROM code	Master sends DS18S20 ROM code.
Tx	44h	Master issues Convert T command.
Tx	DQ line held high by strong pullup	Master applies strong pullup to DQ for the duration of the conversion (t_{CONV}).
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20s respond with presence pulse.
Tx	55h	Master issues Match ROM command.
Tx	64-bit ROM code	Master sends DS18S20 ROM code.
Tx	BEh	Master issues Read Scratchpad command.
Rx	9 data bytes	Master reads entire scratchpad including CRC. The master then recalculates the CRC of the first eight data bytes from the scratchpad and compares the calculated CRC with the read CRC (byte 9). If they match, the master continues; if not, the read operation is repeated.

DS18S20 OPERATION EXAMPLE 2

In this example there is only one DS18S20 on the bus and it is using parasite power. The master writes to the T_H and T_L registers in the DS18S20 scratchpad and then reads the scratchpad and recalculates the CRC to verify the data. The master then copies the scratchpad contents to EEPROM.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	4Eh	Master issues Write Scratchpad command.
Tx	2 data bytes	Master sends two data bytes to scratchpad (T_H and T_L)
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	BEh	Master issues Read Scratchpad command.
Rx	9 data bytes	Master reads entire scratchpad including CRC. The master then recalculates the CRC of the first eight data bytes from the scratchpad and compares the calculated CRC with the read CRC (byte 9). If they match, the master continues; if not, the read operation is repeated.
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	48h	Master issues Copy Scratchpad command.
Tx	DQ line held high by strong pullup	Master applies strong pullup to DQ for at least 10ms while copy operation is in progress.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS18S20 OPERATION EXAMPLE 3

In this example there is only one DS18S20 on the bus and it is using parasite power. The bus master initiates a temperature conversion then reads the DS18S20 scratchpad and calculates a higher resolution result using the data from the temperature, COUNT REMAIN and COUNT PER °C registers.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Tx	Presence	DS18S20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	44h	Master issues Convert T command.
Tx	DQ line held high by strong pullup	Master applies strong pullup to DQ for the duration of the conversion (<i>t_{conv}</i>).
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20 responds with presence pulse.
Tx	CCh	Master issues Skip ROM command.
Tx	BEh	Master issues Read Scratchpad command.
Rx	9 data bytes	Master reads entire scratchpad including CRC. The master then recalculates the CRC of the first eight data bytes from the scratchpad and compares the calculated CRC with the read CRC (byte 9). If they match, the master continues; if not, the read operation is repeated. The master also calculates the TEMP_READ value and stores the contents of the COUNT REMAIN and COUNT PER °C registers.
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	DS18S20 responds with presence pulse.
—	—	CPU calculates extended resolution temperature using the equation in the <i>Operation—Measuring Temperature</i> section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....	-0.5V to +6.0V
Operating Temperature Range.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range.....	-55°C to +125°C
Solder Temperature.....	Refer to the IPC/JEDEC J-STD-020 Specification.
Reflow Oven Temperature.....	+220°C

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-55°C to +125°C; $V_{DD} = 3.0V$ to $5.5V$)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{DD}	Local Power	+3.0		+5.5	V	1
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite Power	+3.0		+5.5	V	1, 2
		Local Power	+3.0		V_{DD}		
Thermometer Error	T_{ERR}	-10°C to +85°C			±0.5	°C	3
		-55°C to +125°C			±2		
Input Logic-Low	V_{IL}		-0.3		+0.8	V	1, 4, 5
Input Logic-High	V_{IH}	Local Power	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$	V	1, 6
		Parasite Power	+3.0				
Sink Current	I_L	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA	1
Standby Current	I_{DDs}			750	1000	nA	7, 8
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$		1	1.5	mA	9
DQ Input Current	I_{DQ}			5		µA	10
Drift				±0.2		°C	11

NOTES:

- All voltages are referenced to ground.
- The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU} . In order to meet the V_{IH} spec of the DS18S20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: $V_{PU_ACTUAL} = V_{IH_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.
- See typical performance curve in Figure 16.
- Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.
- To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.
- Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.
- Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3µA at +125°C.
- To minimize I_{DDs} , DQ should be within the following ranges: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.
- Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.
- DQ line is high ("high-Z" state).
- Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with $V_{DD} = 5.5V$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS—NV MEMORY(-55°C to +100°C; $V_{DD} = 3.0V$ to 5.5V)

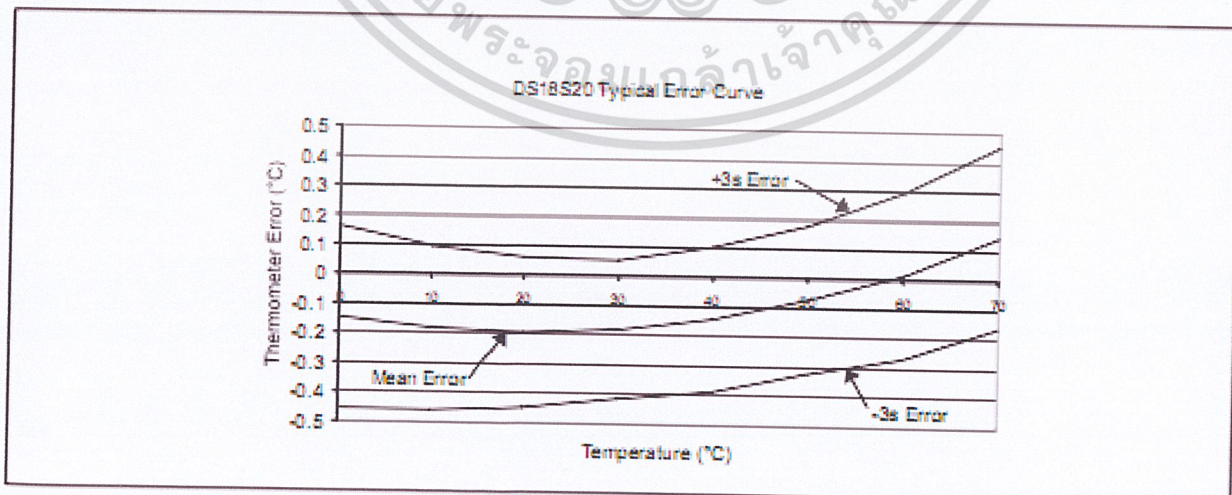
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NV Write Cycle Time	t_{WR}			2	10	ms
EEPROM Writes	N_{EEWR}	-55°C to +55°C	50k			writes
EEPROM Data Retention	t_{EDR}	-55°C to +55°C	10			years

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS(-55°C to +125°C; $V_{DD} = 3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	t_{CONV}				750	ms	1
Time to Strong Pullup On	t_{SPON}	Start Convert/T Command Issued			10	μs	
Time Slot	t_{SLOT}		60		120	μs	1
Recovery Time	t_{REC}		-1			μs	1
Write 0 Low Time	t_{LOW0}		60		120	μs	1
Write 1 Low Time	t_{LOW1}		1		15	μs	1
Read Data Valid	t_{RDV}				15	μs	1
Reset Time High	t_{RSTH}		480			μs	1
Reset Time Low	t_{RSTL}		480			μs	1, 2
Presence-Detect High	t_{PDHIGH}		15		60	μs	1
Presence-Detect Low	t_{PDLOW}		60		240	μs	1
Capacitance	C_{INOLT}				25	pF	

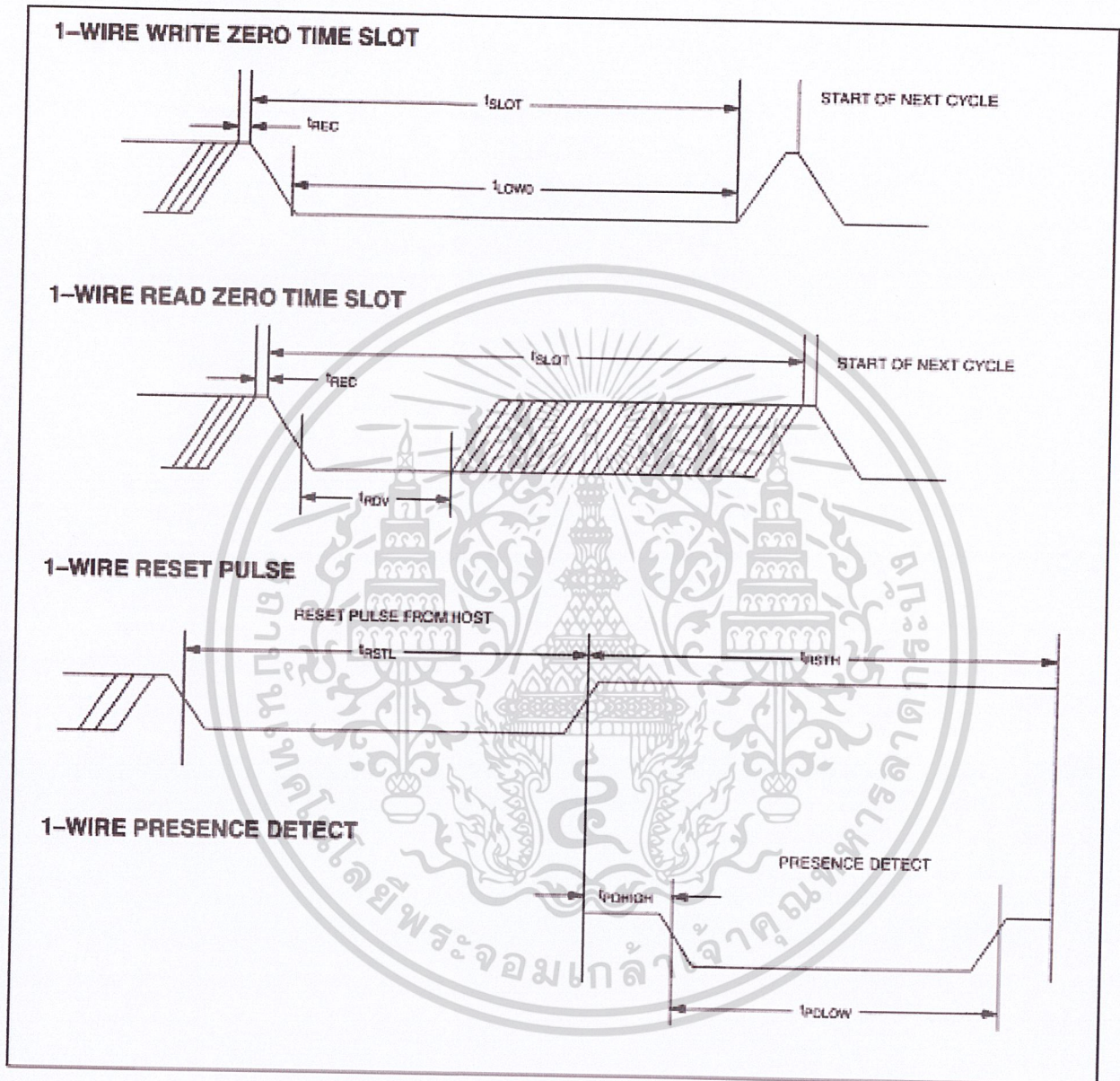
NOTES:

- 1) See the timing diagrams in Figure 17.
- 2) Under parasite power, if $t_{RSTL} > 960\mu s$, a power-on reset may occur.

Figure 16. Typical Performance Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 17. Timing Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REVISION HISTORY

REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
042208	In the Ordering Information table, added TO-92 straight-lead packages and included a note that the TO-92 package in tape and reel can be ordered with either formed or straight leads.	2



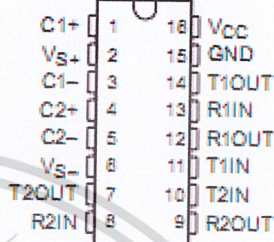
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน MAX232

MAX232, MAX2321
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

ELLSD471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX2321 . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA Information & current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Product or processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำ, คัดลอก, ผลิตซ้ำ, หรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ที่ปรากฏในเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Texas Instruments หรือตัวแทนจำหน่ายของบริษัท Texas Instruments ในประเทศไทย. ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ. โปรดอ่านเงื่อนไขการใช้งานฉบับล่าสุดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

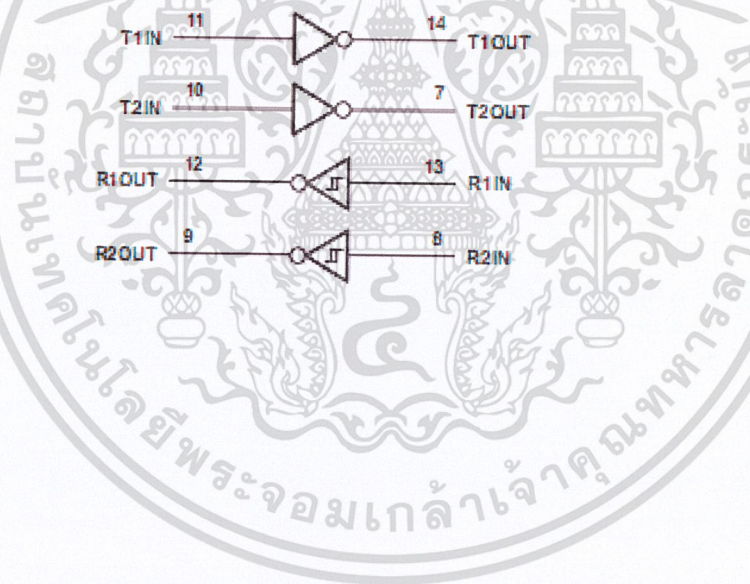
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER


INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างอ้อมถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 **TEXAS
INSTRUMENTS**
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	-0.3 V to 8 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1.8 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stressing ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	


electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current		8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


**TEXAS
INSTRUMENTS**
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to GND	5	7		V
V_{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to GND		-7	-5	V
r_o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	$V_{S+} = V_{S-} = 0, V_O = \pm 2\text{ V}$	300			Ω
I_{OS}^{\S}	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	$V_{CC} = 5.5\text{ V}, V_O = 0$		± 10		mA
I_{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	$V_I = 0$			200	μA

† All typical values are at $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to 7 $\text{k}\Omega$ See Figure 2			30	V/ μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/ μs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT	$I_{OH} = -1\text{ mA}$	3.5			V
V_{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT	$I_{OL} = 3.2\text{ mA}$			0.4	V
V_{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$		1.7	2.4	V
V_{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	0.8	1.2		V
V_{IHS}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5\text{ V}$	0.2	0.5	1	V
r_i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	$V_{CC} = 5, T_A = 25^\circ\text{C}$	3	5	7	$\text{k}\Omega$

† All typical values are at $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.


NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
$t_{PLH}(R)$	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
$t_{PHL}(R)$	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่นับเป็นทรัพย์สินของ Texas Instruments หรือผู้ขาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

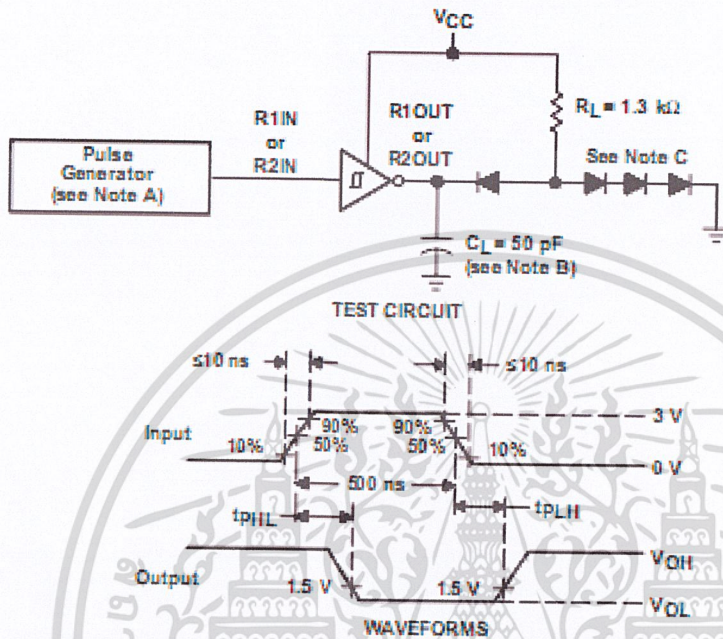
 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655302 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLL50471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3084 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ผู้อื่นใช้หรือจัดจำหน่าย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

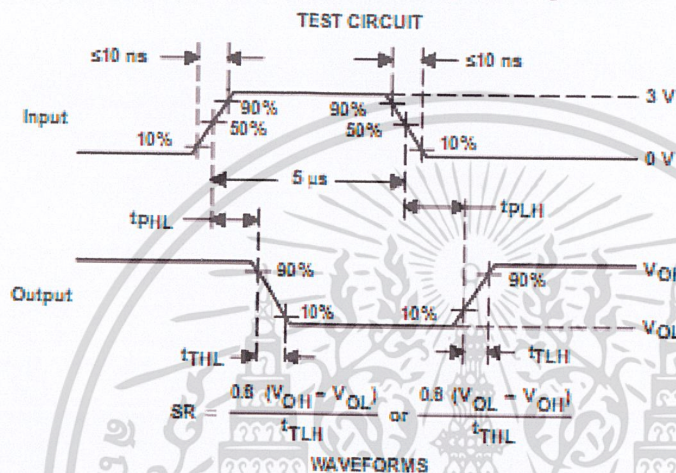
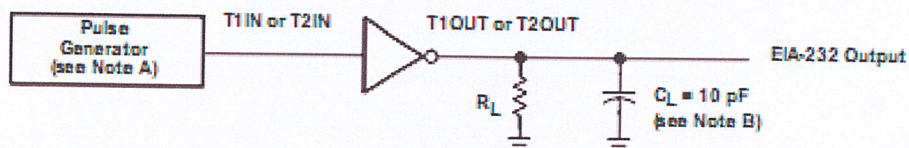
**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

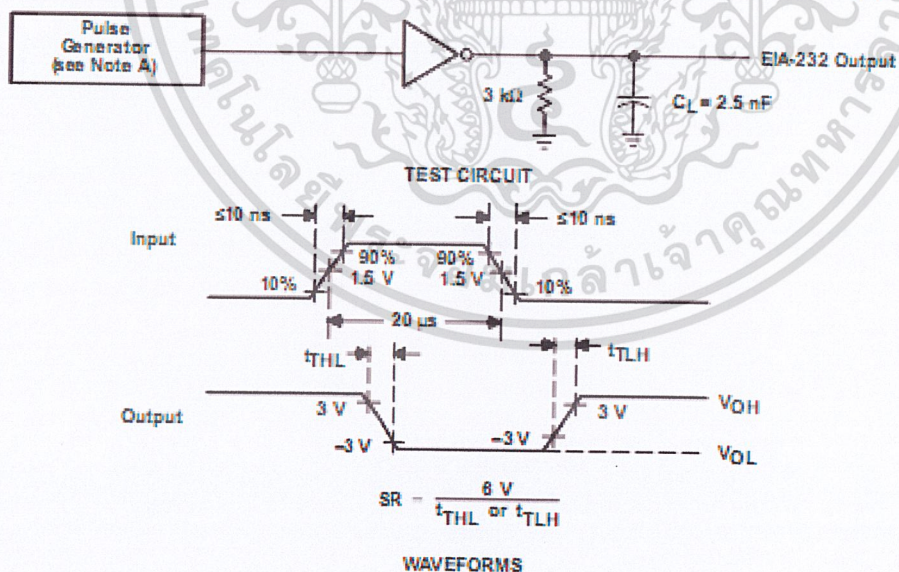
SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5- μ s Input)



NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20- μ s Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำ, กระจาย, หรืออ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

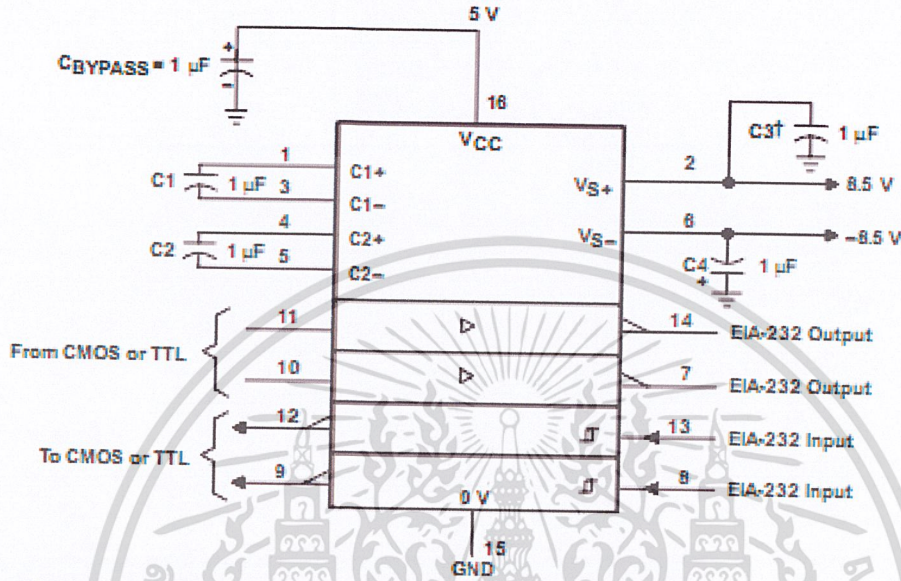
TEXAS
 INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655503 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLSD471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to VCC or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่หรือแจกจ่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารอ้างอิง

- [1] วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์. “เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในระบบการวัดและระบบควบคุม.” พิมพ์ครั้งที่ 5 : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548.
- [2] ประจัน พลังสันติกุล. “PIC Work Example and C Source Code.” กรุงเทพมหานคร : แอพซอฟต์เทค.
- [3] ประจัน พลังสันติกุล. “PIC Microcontroller programming with CCS C compiler เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ - PIC.” กรุงเทพมหานคร : อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [4] อภิชาติ ภู่วลัฒ. “เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic.” นนทบุรี : ไอดีซี อินโฟ คิสทรีบิวเตอร์ เซ็นเตอร์.
- [5] อภิชาติ ภู่วลัฒ. “เขียนโปรแกรมควบคุม Microcontroller ด้วยภาษา C, Assembly และ Visual Basic.” นนทบุรี : ไอดีซี อินโฟ คิสทรีบิวเตอร์ เซ็นเตอร์.
- [6] ดอนสัน ปงผาบ, ทิพวัลย์ คำน้ำนอง. “ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการประยุกต์ใช้งาน.” กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้