

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย

WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**61983**.....
วัน,เดือน,ปี.....**2 5 ก.ค. 2549**.....

b..... 61983
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LANKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2004

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย
WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR

นักศึกษาผู้จัดทำ นายถาวร รัตพลแสน รหัสนักศึกษา 45015506
 นายประมวล กลิ่นฟุ้ง รหัสนักศึกษา 45015510
 นายอลงกรณ์ ตรีสุนทร รหัสนักศึกษา 45015540

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ	
พศ.วิศรุต	ศรีรัตนะ		

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2548
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย

WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายถาวร รัตพลแสน

นายประมวล กลิ่นฟุ้ง

นายอลงกรณ์ ศรีสุนทร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.วิศรุต

ศรีรัตนะ

ปีการศึกษา

2547

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สาย ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งการส่งข้อมูลและข่าวสาร ยังมีการนำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรม อาทิ นำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการต่างๆ เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการติดต่อสื่อสาร ซึ่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเอาระบบการสื่อสารแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ในการ รับ-ส่ง ข้อมูลที่เป็นค่าอุณหภูมิ ที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงอันตราย สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปพิจารณาในการปฏิบัติงานต่อไป

Thesis Title	Wireless Temperature Detector	
Authors	Mr. Thaworn	Ratponsan
	Mr. Pramuan	Klinfung
	Mr. Alongkorn	Trisuntorn
Thesis Advisor	Asst.Prof.Witsarut	Sriratana
Year	2004	

ABSTRACT

In present, Wireless communication is developed. More over, it has been widely accepted and used in the industrial sectors. Various wireless information interaction processes having been implemented to enable ease and fast communication

This thesis presents the wireless communication system which data transformation by using temperature measurement in the critical working area are applied. Information from the system can be useful for further decision making to prevent any possible accident in the critical working place.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะได้รับความเมตตาจาก ผศ.วิศรุต ศรีรัตนะ ที่เป็นที่ปรึกษาและได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยอย่างดีเสมอมา ทั้งยังเอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำวิจัยปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงานวิจัยและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่สำคัญ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่อันเป็นที่รักและเคารพยิ่งที่เป็นแรงบันดาลใจและสนับสนุนการปฏิบัติงานวิจัยนี้

ประโยชน์ที่ได้จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบอกแด่ผู้มีพระคุณและที่สนใจให้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานต่อไป

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ.....	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 การแบ่งย่านความถี่คลื่นวิทยุ.....	3
2.3 ระบบการสื่อสาร.....	5
2.3.1 การติดต่อสื่อสารข้อมูล.....	5
2.3.2 วิธีการส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม.....	5
2.4 แนวคิดในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ.....	6
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.....	8
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051.....	8
2.5.2 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 เบอร์ 8052.....	10
2.5.3 สัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	10
2.5.4 หน้าที่และการใช้งานของสัญญาณต่างๆ.....	11
2.5.5 โครงสร้างหน่วยความจำ.....	13
2.5.6 กลุ่ม Special Function Register.....	16
2.6 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD module).....	19
2.6.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุม โมดูล LCD.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.2 โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1).....	20
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างการวัดอุณหภูมิที่ส่งข้อมูลแบบไร้สาย.....	22
3.1 กล่าวนำ.....	22
3.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	22
3.2.1 ฟังก์ชันของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กำหนดโดยอุปกรณ์มาสเตอร์.....	23
3.2.2 ฟังก์ชันของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กำหนดโดยอุปกรณ์สเลฟ.....	23
3.3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์รีเซตและการตอบสนอง.....	23
3.3.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์.....	24
3.3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์เขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์.....	24
3.3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย.....	26
3.4 การกำหนดค่าเวลาสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ในระบบบัส 1 สาย.....	26
3.5 การติดต่อกับอุปกรณ์ในระบบบัส 1 สาย.....	27
3.6 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820.....	28
3.7 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	29
3.8 แบบจำลองการทดลอง.....	30
3.8.1 การรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย.....	30
3.8.2 โปรแกรมแสดงการทำงานของชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย.....	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	33
4.1 ระบบการตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย.....	33
4.1.1 ระบบของชุดส่งที่ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย.....	34
4.1.2 ระบบของชุดรับที่ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย.....	34
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	35
4.3 ลำดับขั้นตอนการทดลอง.....	36
4.4 ผลการทดลอง.....	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	41
บรรณานุกรม.....	43
ภาคผนวก.....	44



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ไมโคร โปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ.....	9
2.2 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ท P3.....	13
2.3 บิตและหน้าที่ต่างๆใน PSW.....	16
2.4 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E.....	21
3.1 การจัดสรรพื้นที่ของสแต็คซ์แพคใน DS 1820.....	28
4.1 ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากการทดลอง.....	38
4.2 การทดลองที่อุณหภูมิห้อง.....	39



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รูปแบบการสื่อสารข้อมูล.....	5
2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม.....	6
2.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการส่งวิทยุ.....	7
2.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการรับวิทยุ.....	8
2.5 โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 เบอร์ 8052.....	10
2.6 สัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051.....	11
2.7 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51.....	13
2.8 ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต.....	15
2.9 รูปร่างและการจัดขาไมโคร LCD แบบอักษร.....	20
3.1 ไทม์สลอตของการรีเซตและการตอบรับของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย.....	23
3.2 ไทม์สลอตการอ่านข้อมูลอุปกรณ์มาสเตอร์และการเขียนข้อมูลอุปกรณ์สเลฟ.....	24
3.3 ไทม์สลอตการเขียนข้อมูล “1” ของอุปกรณ์มาสเตอร์.....	25
3.4 ไทม์สลอตการเขียนข้อมูล “0” ของอุปกรณ์มาสเตอร์.....	25
3.5 โครงสร้างการทำงานในไอซีตรวจจับอุณหภูมิ.....	27
3.6 โฟลวชาร์ตและรายละเอียดโปรแกรมย่อยการรีเซต DS 1820.....	29
3.7 การเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	30
3.8 บล็อกไดอะแกรมของตัวส่ง.....	30
3.9 บล็อกไดอะแกรมของตัวรับ.....	31
3.10 โฟลวชาร์ตการทำงานของชุดส่ง.....	32
3.11 โฟลวชาร์ตการทำงานของชุดรับ.....	32
4.1 ระบบโดยรวมของการตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย.....	33
4.2 ชุดส่งของการตรวจวัดอุณหภูมิ.....	34
4.3 รีโมทควบคุมรบบบังคับวิทยุ.....	34
4.4 ชุดรับของการตรวจวัดอุณหภูมิ.....	34
4.5 ชุดแสดงผลอุณหภูมิที่ตรวจวัด.....	34
4.6 FLUKE THERMOMETER.....	35
4.7 ชุดรับของ Wireless Temp.....	35
4.8 ชุดส่งของ Wireless Temp.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.9 ชุดให้ความร้อนที่ปรับได้.....	35
4.10 ส่วนประกอบของการทดลอง.....	36
4.11 แสดงการทดลองวัดอุณหภูมิ.....	36
4.12 ส่วนประกอบการวัดอุณหภูมิที่ 0 °C.....	37
4.13 แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการทดลอง.....	38
4.14 แผนภูมิการวัดค่าอุณหภูมิ.....	39



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจของการวิจัย

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมต่างๆได้เจริญเติบโต และพัฒนาอย่างรวดเร็วเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค จะเห็นได้จากเขตอุตสาหกรรมเกิดขึ้นมากมาย จากความเจริญก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมนี้ ก็ส่งผลทำให้เกิดมลภาวะขึ้นซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์เอง ยิ่งในเขตอุตสาหกรรมหรือบริเวณที่มีกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและพวกสารเคมีต่างๆ ซึ่งบริเวณเหล่านี้จะมีอุณหภูมิที่สูงและความเลี้ยวภัย ถือว่าเป็นเขตที่อันตราย ในขณะที่มีความจำเป็นที่จะต้องเข้าไปยังบริเวณเหล่านี้ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายโดยตรง ดังนั้นปัญหาเหล่านี้จึงเป็นแนวคิดในการทำโครงการ เพื่อสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิในบริเวณที่น่าจะเป็นอันตรายต่อผู้ที่เข้าไปยังบริเวณนั้น โดยเครื่องมือนี้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) อุณหภูมิมีชุดรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย (Wireless) แล้วส่งข้อมูลที่ได้นำมาแสดงผลบนหน้าจอ LCD ทำให้สามารถทราบอุณหภูมิในบริเวณดังกล่าว เพื่อนำไปพิจารณาในการใช้งานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการศึกษาและการออกแบบสร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายซึ่งใช้เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิในระดับที่ถือว่าเป็นอันตรายต่อมนุษย์พร้อมทั้งให้ค่าอุณหภูมิที่มีความน่าเชื่อถือได้ โดยมีการสอบเทียบเซนเซอร์และยังมีการโปรแกรมการทำงานของชุดเซนเซอร์ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่องการรับ-ส่งข้อมูลจะเป็นแบบไร้สาย โดยการตรวจวัดจะไม่มีผู้ที่จะเข้าไปทำการตรวจวัดอุณหภูมิ ณ บริเวณนั้น ดังนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือ ที่ช่วยนำพาชุดส่งของเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิไปยังบริเวณที่ทำการตรวจวัด พร้อมทั้งสามารถบังคับให้มีการเคลื่อนย้ายจุดการวัดอุณหภูมิได้ด้วย

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงการตรวจวัดอุณหภูมิ ด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ให้ค่าเอาต์พุตเป็นสัญญาณแรงดันมาตรฐาน (0-5V) และมีการประมวลผลด้วยไมคอนโทรลเลอร์แล้วทำการส่งข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้มาแสดงผลที่หน้าจอ LCD อุณหภูมิที่แสดงผลออกมาจะมีค่าหน่วยเป็นองศา การรับ-ส่ง ข้อมูลแบบไร้สายผ่านตัวกลางคลื่นวิทยุย่านความถี่สูง (UHF) พร้อมทั้งมีการประยุกต์ใช้งานเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยนำชุดส่งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ไปติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่วมกับบรรดามัคคุเทศก์เพื่อความสะดวกในการวัดอุณหภูมิในบริเวณที่มีความเสี่ยงอันตราย ณ จุดใดๆ ที่รถมัคคุเทศก์สามารถเคลื่อนที่เข้าไปถึงบริเวณนั้นได้ และเพื่อให้มีความสามารถในการบังคับทิศทาง และควบคุมระยะทางไกล จึงติดตั้งกล้องดิจิตอลขนาดเล็ก (CCD) ร่วมในการตรวจวัดอุณหภูมินี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นและหลักการในการสื่อสารข้อมูล

2.1 กล่าวนำ

เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลหรือที่เรียกกันว่า “Data Communication” ซึ่งถือเป็นวิทยาการพื้นฐานที่รองรับการเจริญเติบโตของระบบสื่อสาร ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีสื่อสารข้อมูลชนิดต่างๆ มาสนับสนุนการดำเนินการหลายประเภทไม่ว่าจะเป็นการดำเนินการธุรกิจการ การดำเนินการค้า หรือเครือข่ายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Commerce) แม้กระทั่งระบบสื่อสารข้อมูลที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรม รูปแบบของการสื่อสารมีลักษณะต่างๆ กันไป แต่ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม จุดประสงค์ของการสื่อสารจะเหมือนกันคือการส่งข่าวสาร (Information) จากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง สำหรับการสื่อสารข้อมูล สิ่งสำคัญก็คือ การส่งข้อมูล (Data or Encoded Information)

การสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายเกิดขึ้น จากเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานในการรับและส่งข้อมูลผ่านตัวกลางทางคลื่นวิทยุซึ่งมีข้อดีดังนี้

- 1) ไม่เสียค่าใช้จ่ายหรือเสียค่าใช้จ่ายสำหรับตัวกลางไม่มากนัก ซึ่งแตกต่างจากระบบโทรศัพท์ที่ต้องเสียค่าโทรศัพท์หรือค่าเช่าสาย
- 2) สามารถส่งข้อมูลกับสถานีเคลื่อนที่ เนื่องจากไม่ใช้สายและสร้างเครือข่ายที่มีขอบเขตกว้างไกลโดยอาจจะส่งสัญญาณต่อทอดกันออกไปเพื่อส่งข้อมูลระยะไกล
- 3) เนื่องจากความถี่ของสัญญาณวิทยุสูง ดังนั้น แบนด์วิดท์ที่ใช้จึงกว้าง ซึ่งจะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราส่งสูง (ประมาณ 100-400 กิโลบิตต่อวินาที)
- 4) เนื่องจากระบบสื่อสารวิทยุสัญญาณส่งแบบแพร่กระจาย ดังนั้นจึงสามารถจะแพร่กระจายข้อมูลให้กับสถานีได้หลายๆ สถานีพร้อมๆ กัน แต่ในทางตรงกันข้ามความปลอดภัยของข้อมูลจะมีน้อยจึงควรมีการเข้ารหัสข้อมูล

2.2 การแบ่งย่านความถี่คลื่นวิทยุ

ย่านความถี่ของคลื่นวิทยุถูกแบ่งออกเป็น 8 ย่านดังนี้

1. คลื่นVHF (very low frequency) เป็นคลื่นความถี่ต่ำมากที่มีความถี่ต่ำกว่า 30 กิโลเฮิร์ตซ์
2. คลื่นLF (low frequency) เป็นคลื่นความถี่ต่ำ มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 30-300 กิโลเฮิร์ตซ์
3. คลื่นMF (medium frequency) เป็นคลื่นความถี่ปานกลางมีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 0.3-3 เมกะเฮิร์ตซ์
4. คลื่นHF (high frequency) เป็นคลื่นความถี่สูง มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 3-30 เมกะเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คลื่น VHF (very high frequency) เป็นคลื่นความถี่สูงมาก มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 30-300 เมกะเฮิร์ตซ์

6. คลื่น UHF (ultra high frequency) มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 300-30,000 เมกะเฮิร์ตซ์

7. คลื่น SHF (super high frequency) มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 30-300 GHz

8. คลื่น EHF (extra high frequency) มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 30-300 GHz

การใช้งานย่านความถี่วิทยุขึ้นถูกกำหนดไว้เป็นสากลทั้งนี้เพื่อมิให้มีการรบกวนกันและให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากการใช้ความถี่ย่านต่างๆ ซึ่งมีดังนี้

ย่านความถี่ 30-535 kHz .ใช้รับส่งวิทยุคลื่นยาว (LW) เช่น การสื่อสารเกี่ยวกับการเดินเรือ วิทยุนำร่องของเรือเดินสมุทร และวิทยุนำร่องของเครื่องบิน

ย่านความถี่ 535-1,605 kHz ใช้รับส่งวิทยุคลื่นปานกลาง (MW) เช่น การรับส่งวิทยุ AM แบนด์ MW ซึ่งเป็นการกระจายเสียงเพื่อการศึกษา ธุรกิจ และบันเทิง

ย่านความถี่ 1,605 kHz ถึง 30 MHz ใช้สำหรับวิทยุสมัครเล่น วิทยุในกิจการของรัฐบาล วิทยุคลื่นสั้นนานาชาติ การสื่อสารแบบเคลื่อนที่ วิทยุเดินเรือ กิจการอุตสาหกรรม วิทยุวิทยาศาสตร์ และวิทยุทางการแพทย์ เช่น วิทยุสมัครเล่นในความถี่ 3.5-4 MHz และ 28-29.7 MHz วิทยุอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์การแพทย์ใช้ความถี่ 26.96-27.54 MHz ซิตีเซนแบนด์ (Citizen Band) ใช้ความถี่ 26.965-27.255 MHz และ 27.230-27.410 MHz

ย่านความถี่ 30-50 MHz ใช้สำหรับวิทยุราชการและเอกชน ใช้ทั้งสถานีเคลื่อนที่และอยู่กับที่ เช่น วิทยุตำรวจ วิทยุดับเพลิง วิทยุป่าไม้ ทางหลวง และรถไฟ

ย่านความถี่ 50-54 MHz ใช้สำหรับวิทยุสมัครเล่นแบนด์ 6 m

ย่านความถี่ 54-72 MHz ใช้สำหรับส่งโทรทัศน์ช่องต่ำ (VHF low band) สำหรับโทรทัศน์ช่อง 2 ถึงช่อง 4

ย่านความถี่ 72-76 MHz ใช้สำหรับให้บริการของรัฐและเอกชน เช่น ความถี่ 75 MHz เป็นสัญญาณขอความช่วยเหลือของเครื่องบิน

ย่านความถี่ 88-108 MHz .ใช้สำหรับส่งกระจายเสียงวิทยุ FM เพื่อข่าวสาร การศึกษาธุรกิจ และบันเทิง

ย่านความถี่ 108-122 MHz ใช้สำหรับวิทยุควบคุมการบิน

ย่านความถี่ 122-174 MHz ใช้สำหรับวิทยุราชการ วิทยุเอกชน วิทยุสมัครเล่น เช่น 144-148 MHz ใช้สำหรับวิทยุสมัครเล่น

ย่านความถี่ 174-223 MHz ใช้สำหรับส่งโทรทัศน์ช่อง 5-12 (VHF high band)

ย่านความถี่ 470-890 MHz ใช้สำหรับส่งโทรทัศน์ UHF ช่อง 14-1-83

ย่านความถี่ 1,300-1,600 MHz ใช้สำหรับส่งรับสัญญาณเรดาร์

ย่านความถี่ 2.5-22.2 GHz ใช้สำหรับสื่อสารดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่ 30-300 GHz เป็นคลื่นความถี่สูง EHF ใช้สำหรับการทดลองทั้งของรัฐบาลและวิद्यุสมัครเล่นรวมทั้งใช้สัญญาณควบคุมระยะไกลกรพิเศษ

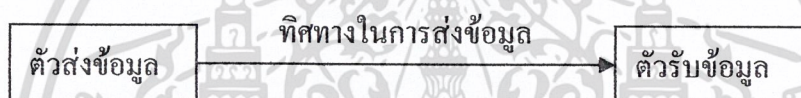
2.3 ระบบการสื่อสาร

2.3.1 การติดต่อสื่อสารข้อมูล

ส่วนประกอบเบื้องต้นในการสื่อสารข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1) ฝ่ายกำเนิดข้อมูล (Transmitter)
- 2) ตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล (Medium)
- 3) ฝ่ายรับข้อมูล (Receiver)

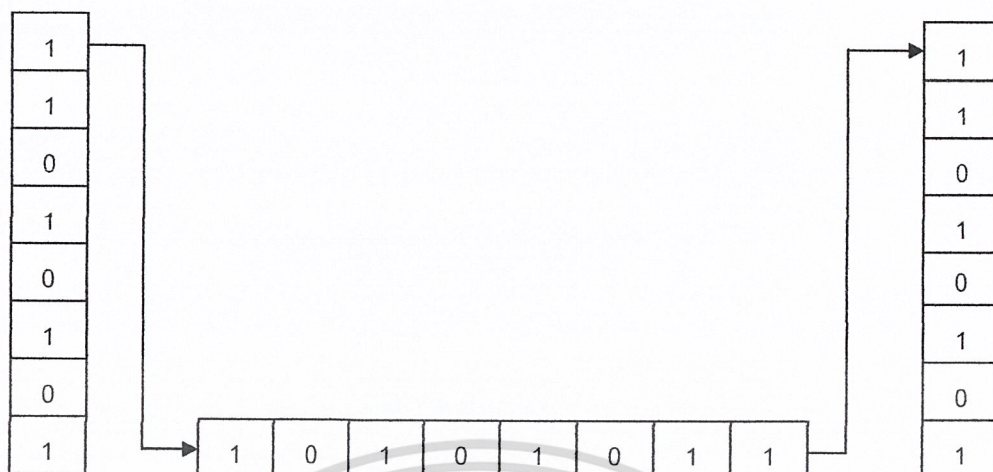
ในโครงงานนี้จะใช้การส่งข้อมูลแบบ Simplex เป็นการส่งแบบทิศทางเดียวการส่งแบบนี้ทิศทางการส่งจะคงที่ โดยกำหนดในครั้งแรกว่าฝ่ายใดเป็นฝ่ายส่งฝ่ายใดเป็นฝ่ายรับ



ภาพที่ 2.1 รูปแบบการสื่อสารข้อมูล

2.3.2 วิธีการส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม

ในการติดต่อแบบนี้ข้อมูลจะส่งออกมาทีละบิตระหว่างจุดส่งและจุดรับ ซึ่งการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานแต่ใช้ตัวกลางในการสื่อสารเพียงช่องเดียวหรือสายเพียงคู่เดียว ทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับการสื่อสารถูกกว่าแบบขนาน การส่งแบบนี้ใช้สำหรับส่งในระยะทางไกลมากกว่า 100 ฟุต ข้อมูลจากจุดส่งจะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุกรมก่อน แล้วค่อยทยอยส่งทีละบิตไปยังจุดรับที่จุดรับจะต้องมีภาพแบบในการเปลี่ยนข้อมูลที่ถูกส่งมาให้มาเป็นแบบขนาน ในการแปลงจะต้องมีรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการผิดพลาดของข้อมูล

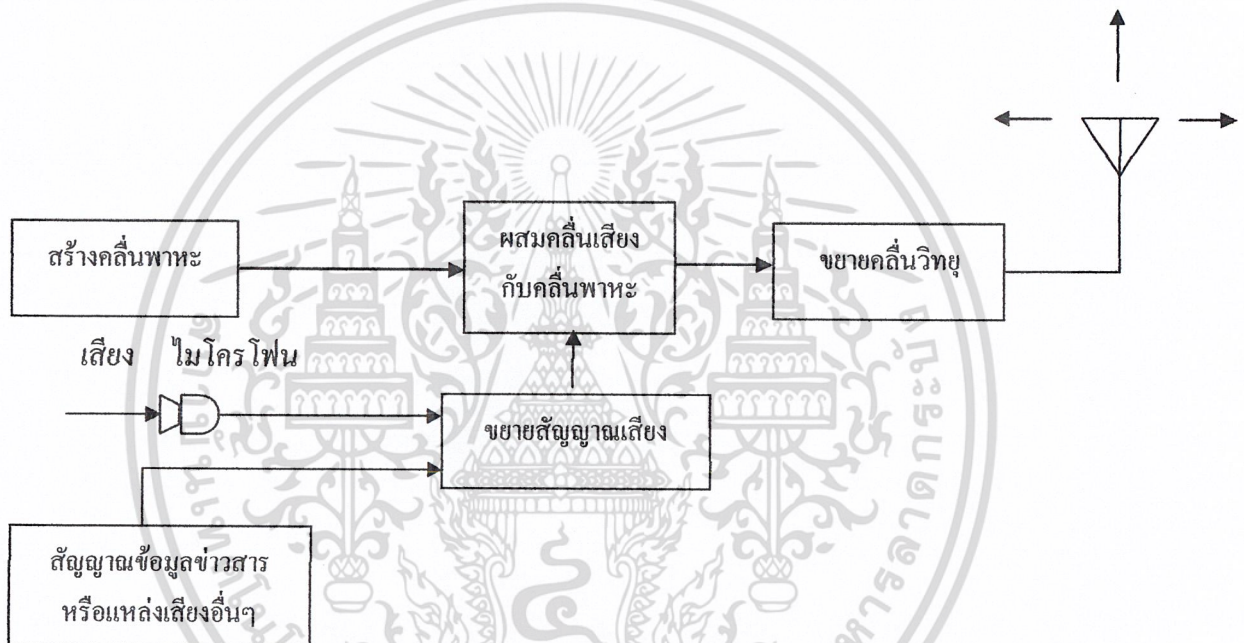


ภาพที่ 2.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

2.4 แนวคิดในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ

เมื่อคนเราสื่อสารกันด้วยเสียง เสียงจะเดินทางผ่านตัวกลางคือ อากาศไปยังหูของผู้ฟัง ซึ่งรับฟังระยะใกล้ๆ ถ้าอยู่ห่างกันการพูดจะต้องตะโกนให้เสียงดังขึ้น และถ้าอยู่ห่างกันมากก็จะใช้เครื่องขยายเสียงและลำโพงฮอร์น (Horn speaker) ช่วย แต่เสียงก็จะเดินทางไปไม่ไกลเท่าใดนัก ประมาณ 4-5 กิโลเมตร ถ้าไกลกว่านี้จะอ่อนกำลังซึ่งรับฟังไม่ได้ ทั้งนี้เพราะเสียงเดินทางผ่านตัวกลางจะไปได้ใกล้หรือไกลขึ้นอยู่กับความแรงของแหล่งงานต้นเสียง การส่งเสียงหรือข่าวสารผู้คนที่อยู่ในรัศมีของเสียงก็จะได้ยินทุกคน คนที่อยู่ใกล้ก็จะได้ยินเสียงดังแรงและได้ยินก่อน คนที่อยู่ไกลจะได้ยินเสียงเบาและได้ยินทีหลัง การส่งข่าวสารแบบดังกล่าวจึงเหมาะกับชุมชนและหมู่บ้านที่มีบริเวณแคบ เมื่อมนุษย์ในโลกอยู่กันห่างไกลหลายร้อยหลายพันกิโลเมตร การสื่อสารควรส่งข่าวสารได้ระยะทางไกลๆ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางและสามารถเข้าถึงผู้ฟังได้ทุกหนทุกแห่งด้วยความรวดเร็วและรับฟังได้พร้อมกันไม่ว่าอยู่ไกลหรืออยู่ใกล้ ข่าวสารที่ได้เหมือนกัน ดังเบาหรือแรงได้ จะรับฟังหรือไม่รับฟังก็ได้ตามความประสงค์ของผู้รับ วิธีจะส่งเสียงไปในระยะทางไกลๆ นั้นลำพังคลื่นไม่สามารถไปได้ เมื่อนักวิทยาศาสตร์พบว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงซึ่งเรียกกันว่า คลื่นวิทยุความถี่ตั้งแต่ 10 kHz ขึ้นไปสามารถแพร่กระจายไปไกลๆ ได้ด้วยความเร็วและไม่ต้องอาศัยตัวกลาง แต่คลื่นวิทยุนี้ไม่อาจรับฟังได้ เพราะโดยปกติมนุษย์จะได้ยินเฉพาะคลื่นเสียงความถี่ประมาณ 20-20,000 Hz เท่านั้น ดังนั้นวิธีที่ทำให้คลื่นเสียงให้ไปได้ระยะไกลๆ จะต้องนำคลื่นวิทยุและคลื่นเสียงผสมกันให้คลื่นวิทยุเป็นตัวพาหะนำคลื่นเสียงไปอย่างรวดเร็ว โดยคลื่นเสียงนั้นไม่เสียรูปร่างซึ่งหลักการนี้เรียกว่า การส่งวิทยุนั่นเอง

จากแนวคิดข้างต้นเราเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมดังภาพที่ 2.3 โดยเริ่มด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) จะสร้างคลื่นวิทยุที่เป็นพาหะมีความถี่ตามที่ต้องการจะส่งป้อนเข้าไปยังวงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator) ไมโครโฟนรับคลื่นเสียงจากอากาศมาแปลงเป็นคลื่นสัญญาณไฟฟ้า ความถี่ประมาณ 20-20,000 Hz ผ่านวงจรขยายสัญญาณเสียง ส่งไปผสมกับคลื่นพาหะในวงจรมอดูเลเตอร์ เมื่อผสมแล้วส่งสัญญาณคลื่นวิทยุเข้าไปขยายให้มีกำลังที่แรงขึ้น ในวงจรขยายคลื่นวิทยุแล้วจึงส่งคลื่นวิทยุขึ้นสายอากาศ เพื่อกระจายคลื่นวิทยุออกไปดังนั้นเมื่อคลื่นวิทยุเดินทางไปไกลถึงที่ใดๆ ก็ตามจะมีคลื่นเสียงไปด้วยเสมอ คลื่นเสียงนั้นนอกจากได้จากไมโครโฟนและยังนำมาจากแหล่งเสียงอื่นๆ เช่น จากเทป จากแผ่นเสียง หรือจากสัญญาณข้อมูลข่าวสารอื่นๆ



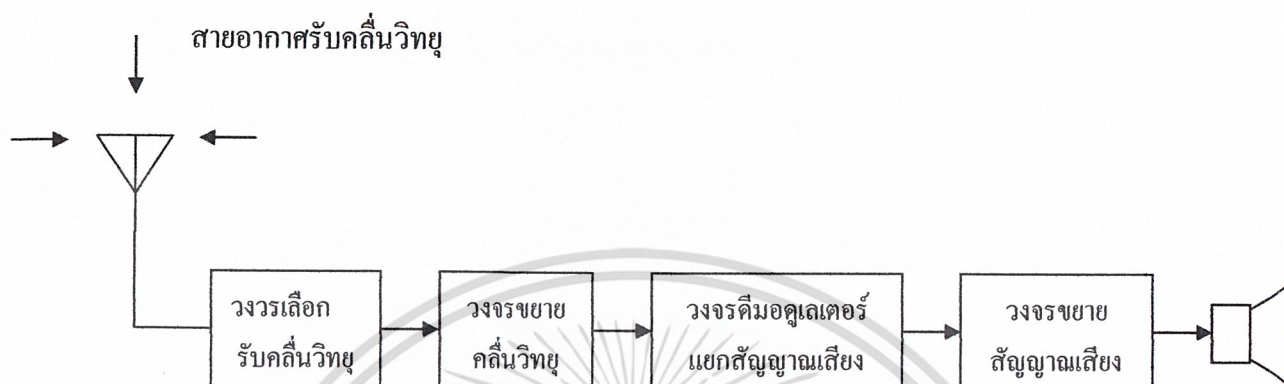
ภาพที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการส่งวิทยุ

คลื่นวิทยุที่ผสมกับคลื่นเสียงแล้วจะแพร่กระจายออกไปรอบๆเสาอากาศนั้น ยังไม่สามารถรับฟังได้ดังนั้น ผู้ที่ต้องการรับฟังข่าวสารจากคลื่นเสียงจะต้องมีเครื่องรับที่มีความสามารถรับคลื่นวิทยุนี้ได้ แล้วแยกสัญญาณเสียงออกมาจากพาหะจึงจะรับฟังข่าวสารนั้นได้

จากภาพที่ 2.4 สายอากาศจะรับคลื่นวิทยุที่ผสมกับคลื่นเสียงหรือข้อมูลข่าวสารจากสถานีส่งแล้วจะส่งเข้าวงจรเลือกรับคลื่นวิทยุ เพื่อเลือกเอาสถานีที่ต้องการเข้าวงจรขยายคลื่นวิทยุ เพื่อให้สัญญาณแรงขึ้นส่งเข้าวงจรดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) เพื่อแยกเอาเฉพาะสัญญาณเสียงหรือข้อมูลข่าวสารออกมาจากพาหะส่งเข้าวงจรขยายเสียง แปลงเป็นเสียงออกมาทางลำโพง ผู้ฟังจึงรับฟังข่าวสารได้หากไม่ต้องรับฟังก็ปิดเครื่องรับ เมื่อจะฟังก็สามารถปรับความดังของเสียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับนี้สามารถนำไปรับฟังในที่ใดๆ ก็ได้ที่คลื่นวิทยุเดินทางไปถึง เช่น บนเกาะ บนภูเขา ในเมืองหรือชนบท ก็จะรับฟังข่าวสารได้เหมือนกันและพร้อมกัน เป็นอันว่าเราสามารถส่งสัญญาณเสียงไปได้ไกลๆ ด้วยวิธีใช้คลื่นวิทยุช่วย โดยสามารถเลือกรับคลื่นได้ตามความต้องการ



ภาพที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการรับวิทยุ

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051

- 1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- 2) มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- 3) มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
- 4) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) โดยอ้างอิงตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 กิโลไบต์
- 5) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) โดยอ้างอิงตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 กิโลไบต์
- 6) มีหน่วยความจำภายในตัว (On-Chip Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8031 และเบอร์ 8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้
- 7) มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (On-Chip Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์
- 8) หน่วยความจำภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้โดยทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตสามารถทำได้ง่าย ส่งผลให้เขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
- 9) มีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) การอินเทอร์รัพต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเทอร์รัพต์ได้ 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเทอร์รัพต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

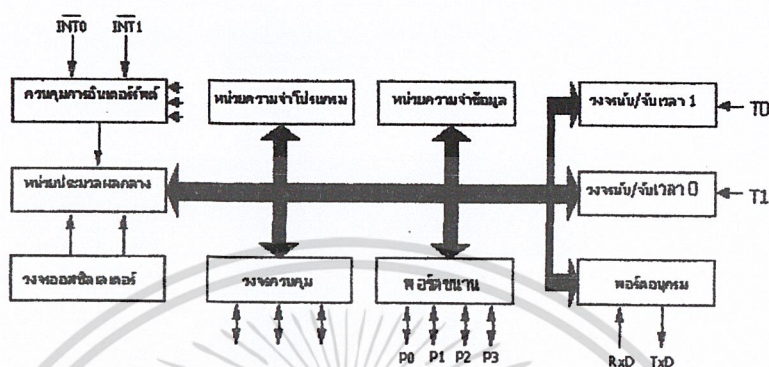
- 11) มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- 12) มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์
- 13) คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์
- 14) ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว

ตารางที่ 2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิป	หน่วยความจำข้อมูลบนชิป	TIMERS
8051	4K ROM	128 Bytes	2
8031	-	128 Bytes	2
8751	4K EPROM	128 Bytes	2
8052	8K ROM	256 Bytes	3
8032	-	256 Bytes	3
8752	8K ROM	256 Bytes	3

2.5.2 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-52 เบอร์ 8052

โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 ดังแสดงในภาพที่ 2.5 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-52 เบอร์ 8052

- 1) หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ (Internal Data Memory 128 Byte)
- 2) หน่วยความจำภายใน สำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ (Internal Program Memory 4 Kbyte)
- 3) อุปกรณ์ควบคุมอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Control unit)
- 4) ตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต 2 ชุด (Timer/Counter 0 and Timer/Counter 1)
- 5) พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลพร้อมกันได้
- 6) พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต
- 7) วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน

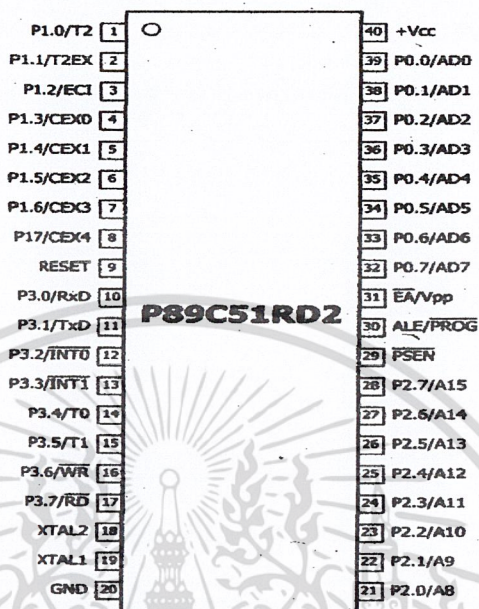
2.5.3 สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถจำแนกการทำงานได้เป็น 3 กลุ่มคือ

- 1) กลุ่มสัญญาณตำแหน่ง เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ
- 2) กลุ่มสัญญาณควบคุม เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3) กลุ่มสัญญาณควบคุม เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไอซีขนาด 40 ขาซึ่งมีสัญญาณต่างๆ แสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 สัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051

2.5.4 หน้าที่และการใช้งานของสัญญาณต่างๆ เป็นดังนี้

- 1) ขา VCC เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง + 5 V
- 2) ขา GND เป็นขาราวด์
- 3) ขา รีเซต (RST) ใช้สำหรับกรณีรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมกซ์ไนซ์เกิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่
- 4) ขา $\overline{\text{ALE}}/\overline{\text{PROG}}$ เป็นขาสัญญาณที่เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Lath Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตพัลส์ในโปรแกรม (Program Pulse Input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำภายในเป็น EPROM
- 5) ขา $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมกซ์ไนซ์เกิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด
- 6) ขา $\overline{\text{EA}}/\text{VPP}$ (External Access Enable/VPP) เป็นขาสำหรับเลือกใช้หน่วยความจำ

โปรแกรมภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH (0-1FFFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตาม ถ้าบิตป้องกัน (Security Bit) ในหน่วยความจำของ EPROM ถูกโปรแกรมไว้แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขาที่ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าสำหรับการโปรแกรม (VPP) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในการระหว่างการโปรแกรม EPROM

7) ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P0.0-P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องการทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากนี้พอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดแอดเดรสไบต์ต่ำ(A0-A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับกับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0-D7)

8) ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P1.0-P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบสองทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องการทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้เบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.1 และ P1.0 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

9) ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P2.0-P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องการทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้จะถูกใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก โดยหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15)

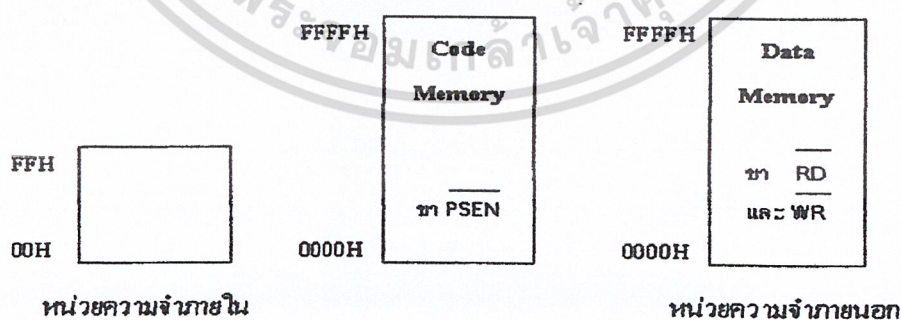
10) ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P3.0-P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องการทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้จะถูกใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ท P3

พิน	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม
P3.2	$\overline{INT0}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	$\overline{INT1}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	$\overline{WR}$	.สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	$\overline{RD}$	.สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

2.5.5 โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำสำหรับ MCS-51 จะมี 2 ชนิดคือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรม (ROM) กับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลในการประมวลผล (RAM) MCS-51 บางเบอร์เช่น 8051, 8052 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมในชิพ และ MCS-51 ทุกเบอร์ สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุด 64 KB และอ้างหน่วยความจำข้อมูล RAM ภายในจะประกอบไปด้วยพื้นที่ใช้งานทั่วไประจิสเตอร์แบบค้ำพื้นที่ใช้งานระดับบิต และเรจิสเตอร์ใช้งานพิเศษเราอาจเขียนโคอะแกรมของหน่วยความจำของ 8051 ได้ดังภาพที่ 2.7 โดยในภาพจะบอกด้วยว่าเราโคอะแอกทีฟ



ภาพที่ 2.7 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

ใน 8031 มีหน่วยความจำภายในตั้งตำแหน่ง 00H ถึง FFH และสามารถอ้างหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภายนอกได้ 64 KB ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรม $\overline{PSEN}$ จะแอสทิต์ฟ นอกจากนี้ 8031 สามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 KB โดยติดต่อกับหน่วยความจำนี้ $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$ จะแอสทิต์ฟ สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในนั้นจะแบ่งออกได้ดังนี้

1) ชุดรีจิสเตอร์ 4 ชุด แต่ละชุดถูกเรียกว่า รีจิสเตอร์เบงค์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 1FH โดยแต่ละชุดจะประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7

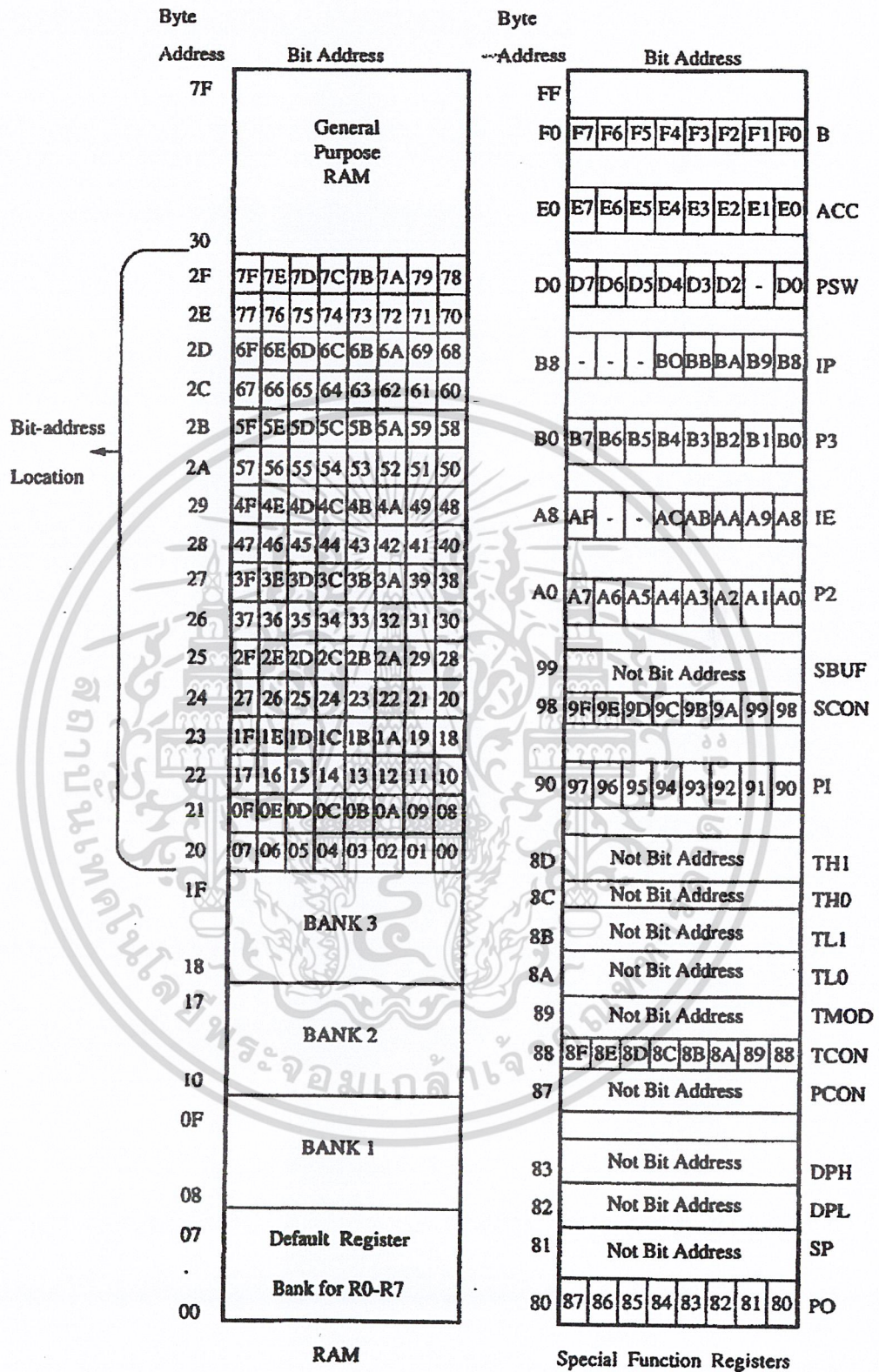
2) หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ตำแหน่ง 20H ถึง 2FH

3) หน่วยความจำใช้งานทั่วไปตำแหน่ง 30H ถึง 7FH

4) รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษตำแหน่ง 80H ถึง FFH

แผนผังการจัดหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงได้ดังภาพที่ 2.8 จากแผนผังจะเห็นว่า การอ้างตำแหน่งหน่วยความจำภายในจะอ้างได้สองแบบคือ การไปที่ตำแหน่งของไบต์ (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านนอก) หรือการไปที่ตำแหน่งของบิต (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านใน) โดยตำแหน่งของหน่วยความจำที่อ้างเป็นแบบบิต ได้จะมีตำแหน่งบิตที่แน่นอน





ภาพที่ 2.8 ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 กลุ่ม Special Function Register

1) Program Status Word

รีจิสเตอร์นี้เรียกว่า PSW จะอยู่ในตำแหน่ง D0H ซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้โดยรีจิสเตอร์ตัวนี้จะเป็นบอกสถานะต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ ความหมายของแต่ละบิตแสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 บิตและหน้าที่ต่างๆใน PSW

CY	AC	F0	RS1	RS2	OV	-	P
บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย				
PSW.7	CY	D7H	Carry Flag				
PSW.6	AC	D6H	Auxiliary Carry Flag				
PSW.5	F0	D5H	Flag 0				
PSW.4	RS1	D4H	บิตสำหรับเลือก Register Bank 1				
PSW.3	RS0	D3H	บิตสำหรับเลือก Register Bank 0				
			00 = Bank 0 ; Address 00H-07H 01 = Bank 1 ; Address 08H-0FH 10 = Bank 2 ; Address 10H-17H 11 = Bank 3 ; Address 18H-1FH				
PSW.2	OV	D2H	Overflow Flow				
PSW.1	-	D1H	Reserved				
PSW.0	P	D0H	Even Parity Flag				

1.1 แฟลกตัวทด Carry Flag (CF)

บิตนี้เป็นบิตที่ 7 ของ PSW บิตนี้จะมีค่าสำคัญหากมีการกระทำทางคณิตศาสตร์โดยบิตนี้จะ Set เมื่อทำการทดของบิตที่ 7 ขณะทำการบวก หรือ Set เมื่อทำการยืมของบิตที่ 7 เมื่อเกิดการลบเลข

ค่าใน Accumulator จะเปลี่ยนเป็น 00H และบิต CY ใน PSW จะถูกเซตนอกจากนี้บิต CY สามารถเป็น “Boolean Accumulator” ได้ซึ่งอาจเรียกได้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 1 บิตได้

1.2 แฟลกช่วยทด Auxiliary Carry Flag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการบวกแบบ Binary-Code-Decimal (BCD) บิต Auxiliary Carry Flag (AC) หรือบิตตัวช่วยทดจะถูก Set เมื่อมีการทดจากบิตที่ 3 ไปบิตที่ 4 หรือที่อยู่ใน Lower Nibble มีค่าระหว่าง 0AH-0FH เนื่องจากระบบ BCD นี้มีค่าได้มากที่สุดแค่ 9 ถ้าหากมีการบวกเลขแบบ BCD จะต้องตามด้วยคำสั่ง DAA (Decimal Adjust Accumulator) เพื่อปรับค่าที่เกิน 9 โดยบวกเลข 6 เข้าไปทำให้เป็นรหัส BCD ที่แทนเลขฐานสิบได้

1.3 แฟล็กศูนย์ Flag 0 เป็น Flag ที่ผู้ใช้สามารถใช้งานทั่วไปได้

1.4 บิตเลือกเรจิสเตอร์แบงก์ (Register Bank Select Bits)

ตามที่ทราบมาแล้วว่าใน MCS-51 จะมีเรจิสเตอร์อยู่ 4 ชุดถ้าจะเลือกให้ชุดใดเป็นแอดที่พจะกำหนดได้ในบิต RS 1 และ RS2 ของ PSW และจะ Clear ตัวเองเมื่อระบบถูกรีเซต

1.5 แฟล็กโอเวอร์โฟลว์ Overflow Flag

แฟล็ก OV จะถูก Set หลังจากกระทำทางคณิตศาสตร์แล้วเกิด Overflow คือจำนวนที่เกิดจากการบวกหรือการลบมีค่าเกินกว่าจำนวนไบต์จะเป็นไปได้คือมากกว่า +128 หรือน้อยกว่า -128

1.6 บิตพาริตี (Parity Bit)

พาริตีบิต (P) เป็นบิตที่บอกค่าพาริตีของเรจิสเตอร์ Accumulator ซึ่งอาจเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้โดยเซตและเคลียร์ขึ้นกับผลที่เกิดขึ้นกับ Accumulator

2) เรจิสเตอร์ B (B Register)

เรจิสเตอร์ B อยู่ในตำแหน่ง FOH ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน เป็นเรจิสเตอร์ที่สามารถใช้งานทั่วไปได้ โดยทั่วไปเรจิสเตอร์นี้จะใช้คูณหรือหารกับเรจิสเตอร์ Accumulator เช่นการทำคำสั่ง MUL AB ซึ่งเป็นการคูณแบบ 8 บิตโดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต ซึ่งเรจิสเตอร์ A จะเก็บ 8 บิตต่ำ และเรจิสเตอร์ B จะเก็บ 8 บิตสูง สำหรับการหารโดยการทำคำสั่ง DIV AB โดยค่าใน A จะถูกหารด้วย B ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บไว้ใน เรจิสเตอร์ AB โดย B จะเก็บ 8 บิตต่ำและ A จะเก็บค่า 8 บิตสูง เรจิสเตอร์ B นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ โดยตำแหน่งของบิตคือตำแหน่ง FOH ถึง F7F

3) ตัวชี้สแตค (Stack Pointer)

Stack Pointer (SP) เป็นเรจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ตำแหน่ง 81H การเขียนค่าเข้าไปในตำแหน่งที่ SP ชื่ออยู่เรียกว่า “Pushing” สำหรับการอ่านค่าที่ SP ชื่ออยู่เรียกว่า “Popping” ค่าของ SP จะเพิ่มขึ้น หนึ่งก่อนที่จะเขียนข้อมูลลงไป และจะลดลงหนึ่งเมื่ออ่านข้อมูลออกมาแล้ว หากโปรแกรมทำคำสั่ง CALL จะใช้เรจิสเตอร์สแตคนี้เก็บค่าตำแหน่งเดิมของโปรแกรม (PC) ก่อนที่จะทำโปรแกรมย่อยเสร็จแล้วจะคืนค่าในสแตคให้กับ PC ตามเดิม โดยปกติค่าของ PC จะกำหนดให้อยู่ใน RAM ภายใน

ถ้าใช้เบอร์ 8031, 8051 จะเก็บค่าสแตคได้ 32 Byte เพราะหน่วยความจำของ RAM ภายในจะสิ้นสุดที่ 7FH แต่เรากำหนดให้ SP มีค่าเท่า 5FH ซึ่งจะเริ่มใช้งานที่ตำแหน่ง 60H ถ้าหาก MCS-51

ถูกรีเซต ค่า SP จะถูกกำหนดเองเป็น 07H ซึ่งจะเห็นว่าเท่ากับ Register Bank 1 ถ้าหากงานที่ออกแบบขึ้น จะต้องใช้ Register Bank 1 ด้วยการกำหนดค่า SP เสียก่อน

4) รีจิสเตอร์ Data Pointer (DPTR)

รีจิสเตอร์นี้ใช้สำหรับตัวชี้ตำแหน่งรหัสโปรแกรมหรือข้อมูลในหน่วยความจำ โดยเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ 2 ตัว คือ DPL ตำแหน่งที่ 82H โดยเก็บเป็น 8 บิตต่ำและDPHตำแหน่งที่ 83H โดยจะเก็บค่า 8 บิตสูง ถ้ารีจิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้จะรวมตัวกันกลายเป็นรีจิสเตอร์ 16 บิต

5) รีจิสเตอร์พอร์ต (Port Register)

ใน MCS-51 ค่าของพอร์ตจะหมายถึง ค่าของหน่วยความจำด้วยหากต้องการส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ต ก็เพียงแต่เขียนข้อมูลไปที่หน่วยความจำตำแหน่งที่พอร์ตนั่นอยู่ และถ้าหากจะอ่านข้อมูลจากพอร์ต ก็เพียงอ่านข้อมูลจากตำแหน่งที่หน่วยความจำที่พอร์ตนั่นอยู่ ใน MCS-51 พอร์ต 0 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 80H, พอร์ต 1 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 90H, พอร์ต 2 จะอยู่ที่ตำแหน่ง A0H และพอร์ต 3 จะอยู่ที่ตำแหน่ง B0H พอร์ต 0, 2 และ 3 โดยทั่วไปแล้วจะไม่ใช่ ถ้ามีการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือพอร์ตพิเศษ (เช่น Interrupts, Serial Port etc) โดยปกติแล้วจะใช้พอร์ต 1 ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกพอร์ตทุกพอร์ตสามารถอ้างข้อมูลในระดับบิตได้

6) รีจิสเตอร์เวลา (Timer Registers)

ใน MCS-51 เบอร์ 8051 จะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้นับและจับเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัวคือ Timer 0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8AH และ 8CH โดยตำแหน่ง 8AH หมายถึง TL0 :ซึ่งจะเป็น 8 ไบต์ต่ำ และ 8CH หมายถึง 8 ไบต์สูง TH0 รีจิสเตอร์อีกตัวคือ Timer 1 โดยแบ่งเป็น TL1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8BH เป็นไบต์ และ TH1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8DH เป็นไบต์สูง การใช้ Timer จะกำหนดการทำงานในรีจิสเตอร์ TMOD (Timer / Counter Control Register) ซึ่งจะอยู่ที่ตำแหน่ง 88H

7) รีจิสเตอร์พอร์ตอนุกรม (Serial Port Registers)

MCS-51 จะมีพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) อยู่ภายในชิพที่สามารถจะรับหรือส่งข้อมูลได้โดยติดต่อกับรีจิสเตอร์ SBUP (Serial Data Buffer)ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 99H โดยถ้าต้องการส่งข้อมูลไปที่รีจิสเตอร์ตัว Serial Port สามารถโปรแกรมให้ทำงานได้ 4 โหมด โดยโปรแกรมผ่านรีจิสเตอร์ SCON (Serial Control Register) ตำแหน่ง 98H

8) รีจิสเตอร์อินเทอร์รัพท์ (Interrupt Port Register)

MCS-51 สามารถ Interrupt ได้ 5 ตำแหน่งโดยมี 2-Priority ตัว Interrupt นี้จะถูก Disable หลังจากทีระบบถูกรีเซต และจะ Enabled หลังจากเขียนข้อมูลที่รีจิสเตอร์ IE หรือตำแหน่ง A8H ลำดับความสำคัญสามารถเซตได้ที่รีจิสเตอร์ IP หรือตำแหน่ง B8H

9) Power Control Register (PCON)

รีจิสเตอร์ PCON อยู่ที่ตำแหน่ง 87H ใช้หยุดการทำงานของ MCS-51 โดยจะหยุดจ่ายสัญญาณให้ระบบ ทำให้ข้อมูลต่างๆ ภายใน MCS-51 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนอกจากนี้ยังลดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้ MCS-51 ลงด้วย

2.6 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD module)

ในการใช้งานโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน ดังนี้

- 1) ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็น โดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้น จึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD
- 2) ตัวควบคุม (controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก มาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุม โดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักษร ส่วน HD1830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก
- 3) ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

2.6.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน โดยจะแถมภายในชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้โมดูล LCD แบบอักษร ประกอบด้วย

- 1) บัพเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม
- 2) รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล
- 3) รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร
- 4) แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตารางของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรวมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

5) รอมเก็บตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

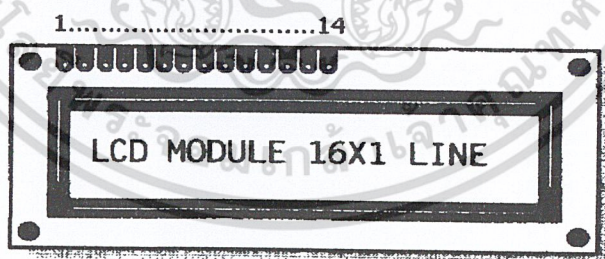
6) แรมเก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGRAM มีเพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGRAM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้ว ตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟล็ก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานการณ์ทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟล็ก BUSY

2.6.2 โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1)

สำหรับโมดูล LCD ที่ยกมาใช้ในการเรียนรู้ในการทดลอง เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก หาง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ, DMC-16117A ของคอปเท็กซ์ (Oplrex) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ก็เหมือนกันนั่นคือเบอร์ HD44750 ของฮิตาชิ

โมดูล LCD ขนาด 16 x 1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาตั้งในภาพที่ 2.9 สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้



ภาพที่ 2.9 ภาพร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ

- 1) VSS (ขา 1) ต่อกราวด์
- 2) VDD (ขา 2) ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- 3) Vo (ขา 3) เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มข้นของการแสดงผล
- 4) RS (ขา 4) เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขาที่ส่งมาเป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

5) R/W(ขา 5) เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ โมดูล LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล

6) E (ขา 6) เป็นขาสำหรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล โมดูล LCD ให้ทำงาน

7) D0-D7 (ขา 7-14) เป็นที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอก ขนาด 8 บิต

อนึ่งขา RS, R/W และ E จะใช้ร่วมกัน โดยมีความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E ของ โมดูล LCD
แบบอักษร

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างการวัดอุณหภูมิที่ส่งข้อมูลแบบไร้สาย

3.1 กล่าวนำ

ระบบบัส 1 สาย (1-Wire Bus) เป็นระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมที่มีความชาญฉลาดและใช้จำนวนสายเพียงหนึ่งเส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณนำพิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่นๆ เนื่องจากสายข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณแต่ละช่องของเวลาหรือเรียกว่า ไทม์สล็อต (time-slot) โดยคาบเวลาดำสุดและสูงสุดของสถานะต่างๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจนการถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้น รูปแบบการถ่ายทอดข้อมูลเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์

การสื่อสารข้อมูลแบบนี้ผู้คิดคือ คัลลิสเซมิคอนดักเตอร์ ดังนั้นจึงเรียกระบบสื่อสารแบบนี้ว่า ระบบสื่อสารข้อมูลคัลลิสหนึ่งสาย (The Dallas 1-Wire Bus)

3.2 คุณสมบัติของไทม์สล็อต

อุปกรณ์มาสเตอร์จะเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวบนระบบบัสหนึ่งสายนี้ ที่สามารถทำการอินิเชียลสายสัญญาณได้ โดยอุปกรณ์มาสเตอร์จะกำเนิดจุดเริ่มต้นของไทม์สล็อตด้วยการทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำในช่วงเวลาหนึ่งจากนั้นก็ทำให้กลับมาเป็นลอจิกสูง ถ้าหากอุปกรณ์สเลฟต้องการส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์มาสเตอร์ อุปกรณ์สเลฟจะเป็นตัวควบคุมสถานะของสายสัญญาณต่อไปจนเสร็จสิ้นกระบวนการ แต่หากอุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการส่งข้อมูลก็สามารถดำเนินการต่อไปได้เลย

3.2.1 ฟังก์ชันของไทม์สล็อตที่กำหนดโดยอุปกรณ์มาสเตอร์

มีด้วยกัน 4 ฟังก์ชันคือ

- 1) การรีเซต (RESET) ใช้ในการเริ่มต้นติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
- 2) การอ่านข้อมูล (READ DATA) ใช้อ่านข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์สเลฟ
- 3) การเขียนข้อมูล “1” (WRITE ONE) ใช้สำหรับเขียนข้อมูล “1” ไปยังอุปกรณ์สเลฟผ่านสายสัญญาณของระบบ

- 4) การเขียนข้อมูล “0” (WRITE ZERO) ใช้สำหรับเขียนข้อมูล “0” ไปยังอุปกรณ์สเลฟ

ผ่านสายสัญญาณของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ฟังก์ชันของไทม์สล๊อตที่กำหนดโดยอุปกรณ์สเลฟ

มีอยู่ทั้งสิ้น 3 ฟังก์ชันด้วยกันคือ

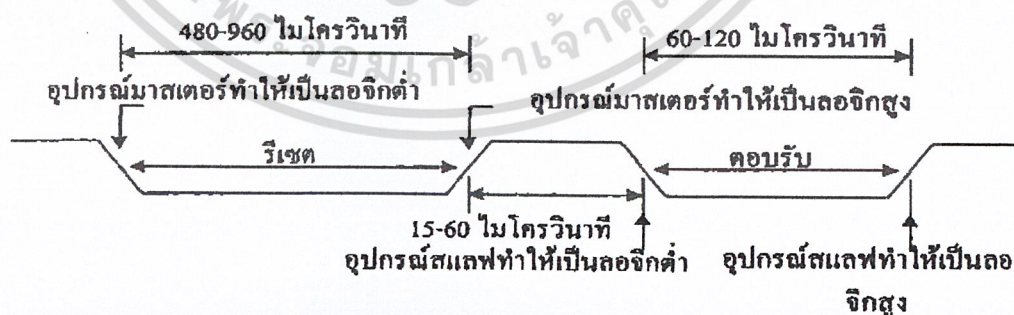
1) การตอบสนอง (PRESENCE) ใช้สำหรับตอบสนองการติดต่อจากอุปกรณ์มาสเตอร์โดยอุปกรณ์สเลฟตัว ที่เลือกจากอุปกรณ์มาสเตอร์จะต้องส่งสัญญาณตอบสนองบนสายสัญญาณ เพื่อแจ้งให้อุปกรณ์มาสเตอร์ทราบว่า ขณะนี้สามารถติดต่อกันได้แล้ว

2) การเขียนข้อมูล “1” (WRITE ONE) ใช้สำหรับส่งข้อมูล “1” ไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ผ่านสายสัญญาณของระบบซึ่งสัมพันธ์กับไทม์สล๊อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์

3) และการเขียนข้อมูล “0” (WRITE ZERO) ใช้สำหรับส่งข้อมูล “0” ไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ผ่านสายสัญญาณของระบบ ซึ่งสัมพันธ์กับไทม์สล๊อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์การแยกแยะฟังก์ชันของแต่ละไทม์สล๊อต จะใช้ความยาวของคาบเวลาและลักษณะของรูปสัญญาณเป็นตัวกำหนดและทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชัน ต้องทำให้สายสัญญาณอยู่ในสภาวะว่างเสมอ ซึ่งก็คือ การทำให้สัญญาณเป็นลอจิกสูงอย่างน้อยเป็นเวลา 1 ไมโครวินาที

3.2.3 ไทม์สล๊อตการรีเซตและการตอบสนอง

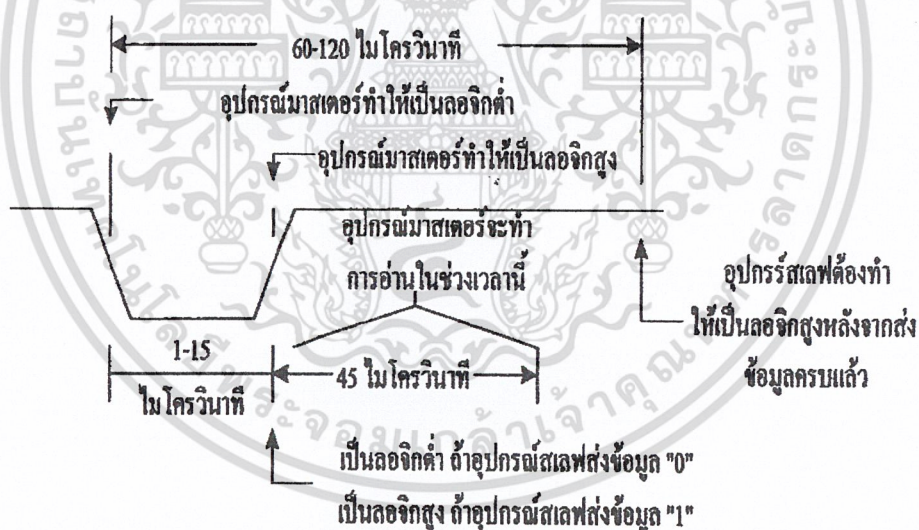
อุปกรณ์มาสเตอร์ทำให้เกิดการรีเซตบนสายสัญญาณ เพื่อแจ้งแก่อุปกรณ์สเลฟด้วยการกำหนดให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องอย่างน้อยเป็นเวลา 480 ไมโครวินาที หลังจากนั้นถ้ามีอุปกรณ์สเลฟต่ออยู่บนสายสัญญาณมีการตอบสนองสัญญาณรีเซตนั้นด้วยสัญญาณตอบสนอง โดยการทำให้สัญญาณเป็นลอจิกต่ำต่อเนื่องนานประมาณ 60-240 ไมโครวินาที หลังจากสัญญาณรีเซตปรากฏประมาณ 15-60 ไมโครวินาที



ภาพที่ 3.1 ไทม์สล๊อตของการรีเซตและการตอบรับของอุปกรณ์บนระบบบัสหนึ่งสาย

3.2.4 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ และการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ

เมื่อต้องการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ และอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำให้สายสัญญาณลอจิกต่ำประมาณ 15-60 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะของสายกลับมาเป็นลอจิกสูง ซึ่งที่อุปกรณ์สเลฟจะส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์มาสเตอร์โดยถ้าข้อมูลเป็น “0” อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำนานประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณกลับมาสู่สภาวะลอจิกสูงอีกครั้งแต่ถ้าเป็นข้อมูล “1” อุปกรณ์สเลฟจะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้ประมาณ 60-120 ไมโครวินาที นั่นคือในไทม์สล็อตนี้จะต้องใช้เวลารวมไม่เกิน 120 ไมโครวินาที ในขณะที่อุปกรณ์มาสเตอร์จะต้องใช้เวลาในการอ่านข้อมูลอยู่ระหว่าง 15 และ 60 ไมโครวินาที หลังเริ่มต้นไทม์สล็อตนี้ ในภาพที่ 3.2 แสดงรูปสัญญาณของไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งเหมือนกับการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์และไทม์สล็อตทั้งสองเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน กล่าวคือเมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์อ่าน อุปกรณ์สเลฟก็ต้องการเขียน



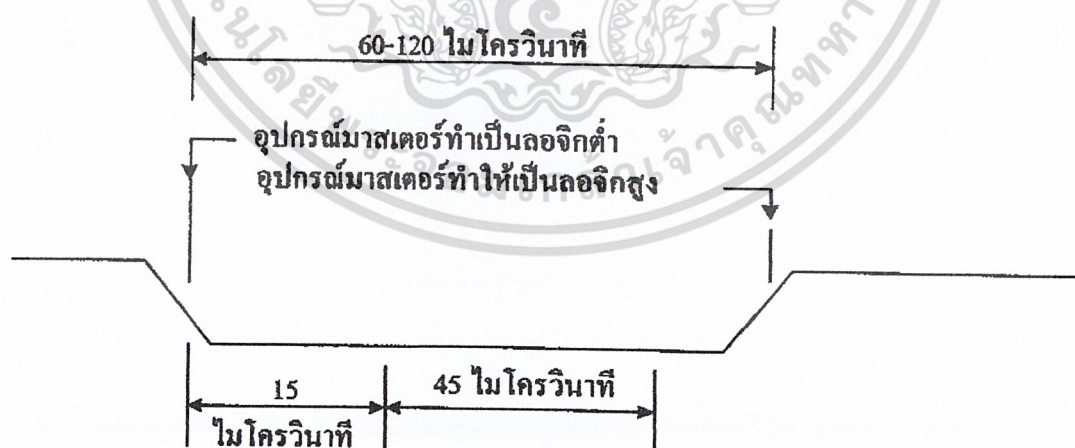
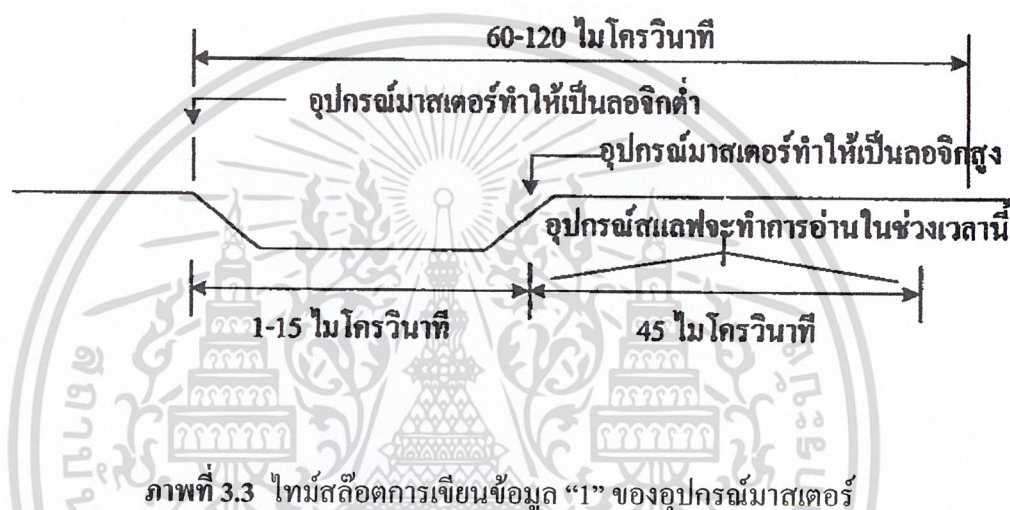
ภาพที่ 3.2 ไทม์สล็อตการอ่านข้อมูลอุปกรณ์มาสเตอร์และการเขียนข้อมูลอุปกรณ์สเลฟ

3.2.5 ไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์

เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ต้องการที่จะเขียนข้อมูล อุปกรณ์มาสเตอร์จะต้องทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำประมาณ 1-15 ไมโครวินาที จากนั้นต้องทำให้สถานะของสายกลับมาเป็นลอจิกสูงแล้วทำการเขียนข้อมูลได้ทันที ถ้าข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังอุปกรณ์สเลฟเป็น “0” อุปกรณ์มาสเตอร์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกต่ำนานประมาณ 45 ไมโครวินาที แล้วทำให้สายสัญญาณกลับมาสู่สภาวะลอจิกสูงอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้การเขียนข้อมูล “1” อุปกรณ์จะทำให้สายสัญญาณเป็นลอจิกสูงต่อเนื่องไปอีก 45 ไมโครวินาที รวมเวลาทั้งหมดในไทม์สล็อตนี้ประมาณ 60-120 ไมโครวินาที จากภาพที่ 3.3 แสดงรูปสัญญาณของไทม์สล็อตการเขียนข้อมูลของอุปกรณ์มาสเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับการอ่านข้อมูลของอุปกรณ์สเลฟ และไทม์สล็อตทั้งสองก็จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน กล่าวคือเมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์เขียนข้อมูลอุปกรณ์สเลฟก็ต้องทำการอ่านข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบหนึ่งสาย (1-WIRE™ Communication Protocol)

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลในแบบบัสหนึ่งสายอุปกรณ์มาสเตอร์ ก็จะสามารถติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟได้ครั้งละหนึ่งตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์สเลฟแต่ละตัวต้องมีข้อมูลกำหนดแอดเดรสเฉพาะตัวโดยเก็บไว้ในหน่วยความจำรวมในอุปกรณ์สเลฟตัวนั้น โดยปกติอุปกรณ์สเลฟในระบบบัสหนึ่งสายของ DALLAS นี้จะมีหน่วยความจำขนาด 64 บิต หรือ 8 ไบต์ สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งประกอบด้วย

1. รหัสของตระกูลจำนวน 8 บิต
2. เลขหมายประจำตัว (Serial number) จำนวน 48 บิต
4. รหัสตรวจสอบความผิดพลาด (CRC : Cyclical Reduncy Cheek) จำนวน 8 บิต
5. ผู้ใช้สามารถอ่านข้อมูลประจำตัวของอุปกรณ์สเลฟได้ ด้วยการใช้อำสั่งอ่านหน่วยความจำรวม (READ ROM) ในกรณีที่สายสัญญาณมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียว ไม่จำเป็นต้องอ้างแอดเดรสในการติดต่อ

รูปแบบการติดต่อบนสายระบบบัสหนึ่งสายจะเริ่มต้นขึ้นเมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ทำการรีเซตและกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ทำการติดต่อกับหน่วยความจำรวมหรือสคริปรอม (Skip Rom) จากนั้นรอการตอบรับจากอุปกรณ์สเลฟเมื่ออุปกรณ์ตอบรับสมบูรณ์ก็จะสามารถเริ่มต้น ขั้นตอนการอ่านหรือเขียนข้อมูลต่อไป

3.4 การกำหนดค่าเวลาสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์บนระบบบัส 1 สาย

ในการทำงานบนบัสหนึ่งสายนี้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างสัญญาณให้มีรูปแบบตรงกับข้อกำหนดการสื่อสารชนิดนี้ที่เรียกว่าไทม์สล็อต ซึ่งจะต้องมีการหนดเวลาเป็นช่วงสั้นๆ เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขในการสื่อสาร เนื่องจากในการเขียนโปรแกรมภาษา C นั้น คำสั่งแต่ละคำสั่งจะใช้เวลามากน้อยแตกต่างกันซึ่งไม่อาจจะคาดเดาได้ นอกจากจะดูจากไฟล์ลิสต์ (Listing file) ที่ C คอมไพเลอร์สร้างขึ้นจากการแปลงคำสั่งภาษา C เป็นภาษาแอสเซมบลี ซึ่งแต่ละคำสั่งของภาษาแอสเซมบลีจะใช้เวลาที่แน่นอน ซึ่งเป็นจำนวนหน่วยของ

แมชีนไซเคิล โดยที่

เวลา 1 แมชีนไซเคิล = $12 / f_{XTAL}$ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐานทั่วไป

เวลา 1 แมชีนไซเคิล = $6 / f_{XTAL}$ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89C51RD2HBP และ P89C51RD2BN เมื่อเลือกโหมด 6 สัญญาณนาฬิกาต่อไซเคิล

สำหรับการวิจัยในปริญญานิพนธ์นี้ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ P89C51RD2HBP ที่เลือกโหมด 6 สัญญาณนาฬิกาต่อไซเคิล ส่วนสัญญาณนาฬิกาหลักใช้คริสตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ 11.0529 MHz

ดังนั้นเวลา 1 แมกซีนไซเคิล $= 6 / f_{XTAL} = 6 / 11.0592 \times 10^6 = 0.54$ ไมโครวินาที

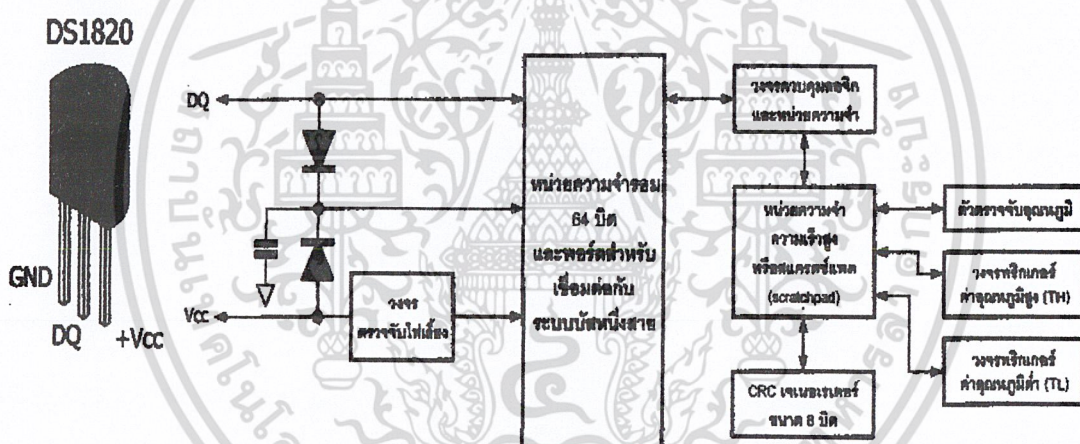
แต่ถ้าใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐานกับคริสตอลความถี่ 11.0529 MHz

ดังนั้นเวลา 1 แมกซีนไซเคิล $= 12 / f_{XTAL} = 12 / 11.0592 \times 10^6 = 11.08$ ไมโครวินาที

ในการเขียนคำสั่งซึ่งเรียกจากไฟล์ไลบรารีร่วมกับคำสั่งซึ่งใช้หน่วยเวลาให้แต่ละไทม์สล็อต มีค่าตรงตามข้อกำหนดของการสื่อสารข้อมูลบนบัสหนึ่งสาย

3.5 การติดต่อกับอุปกรณ์ในระบบบัส 1 สายของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลักษณะของไอซีตรวจวัดอุณหภูมิ DS1820 เป็นไอซีตรวจวัดอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัสหนึ่งสายมีขาต่อใช้งานเพียงสามขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอกและขากราวด์ และมีโครงสร้างภายในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 โครงสร้างการทำงานในไอซีตรวจวัดอุณหภูมิ

หัวใจสำคัญของไอซี DS1820 อยู่ที่ตรวจวัดอุณหภูมิและหน่วยความจำเร็ว ที่เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) มีการจัดสรรหน่วยความจำส่วนนี้แสดงในตารางที่ 3.1 เมื่อวัดอุณหภูมิก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ใน สแครตช์แพด ที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลเป็นเลขฐานสิบสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ถึง 0.5 องศาเซลเซียสหรือ -66 ถึง 257 องศาฟาเรนไฮต์

ใช้เวลาในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นค่าดิจิทัลประมาณ 200 มิลลิวินาที สามารถกำหนดขอบเขตของอุณหภูมิที่ทำการวัดได้ และให้แจ้งเตือนเมื่อค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้น หรือต่ำลงถึงค่าที่กำหนดโดยค่าอุณหภูมิที่กำหนดนี้จะเก็บไว้ในที่ สแครตช์แพด ในไบต์ ที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การจัดสรรพื้นที่ของสแควร์แพคใน DS1820

	ไบต์
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์ต่ำ (TL)	0
ข้อมูลอุณหภูมิไบต์สูง	1
ข้อมูลอุณหภูมิกำสูง	2
ข้อมูลอุณหภูมิกำต่ำ (TL)	3
สำรองไว้	4
สำรองไว้	5
รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับ	6
รีจิสเตอร์เก็บค่าการนับต่อ °C	7
CRC	8

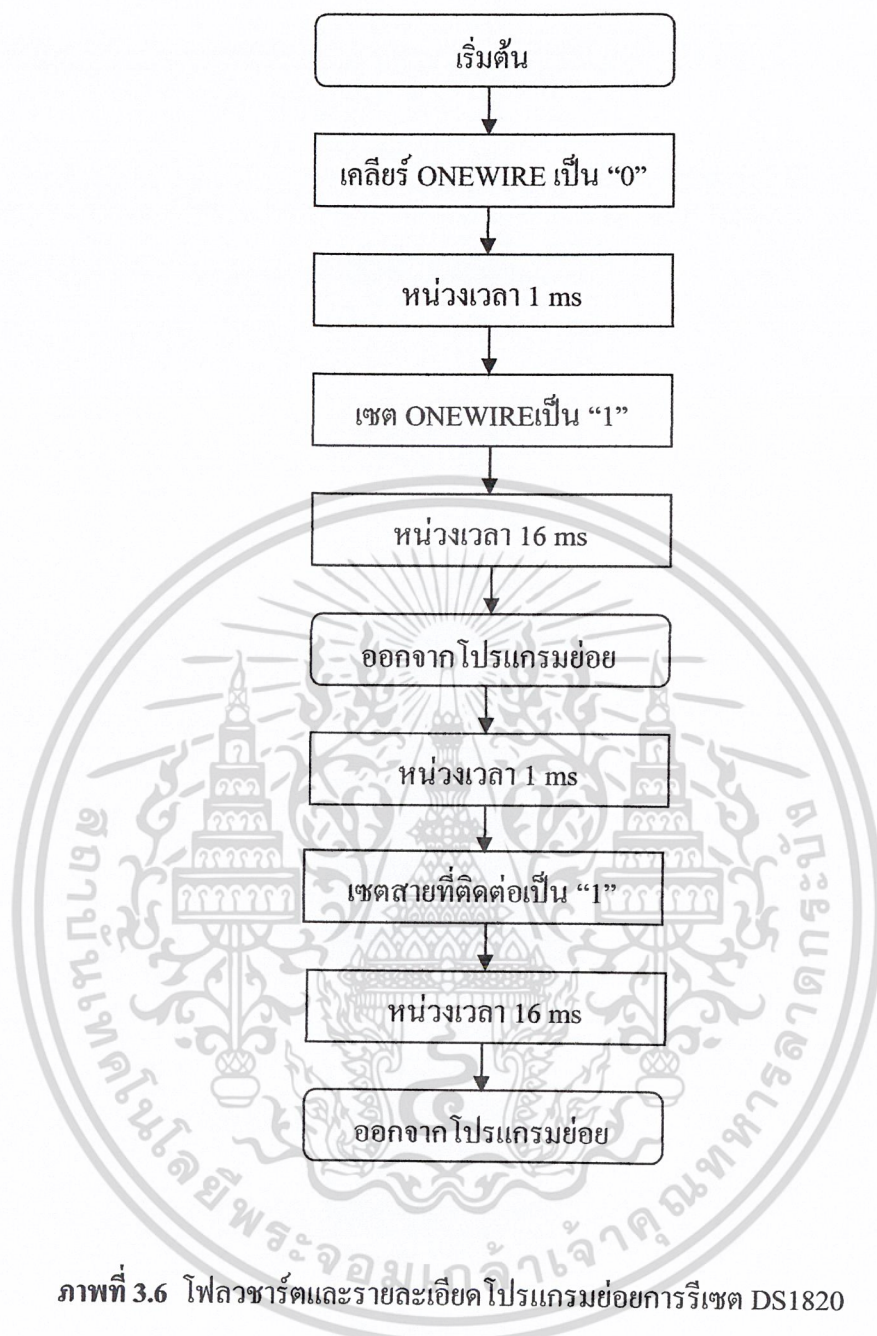
3.6 คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของ DS1820

ในการติดต่อกับไอซี DS1820 จะต้องมีการส่งคำสั่งที่ต้องส่งให้แก่ DS1820 เพื่อกำหนดรูปแบบการทำงาน คำสั่งที่ใช้มากที่สุดมีด้วยกัน 3 คำสั่งดังนี้

1) คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำหรือสคริปแรม (Skip ROM) เนื่องจากในการใช้งาน DS1820 โดยปกติแล้ว DS1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส ดังนั้นจึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรวมเพื่ออ่านข้อมูลของคำสั่งสคริปแรมที่ต้องให้ DS1820 คือ 0CCH

2) คำสั่งแปลงอุณหภูมิ (Convert Temperature) มีค่าเท่ากับ 44H เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ DS1820 จะต้องทำการวนรูปรอบอย่างน้อย 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ DS1820 ได้ใช้เวลานี้ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิทัลออกมาเก็บไว้ในสแควร์แพค

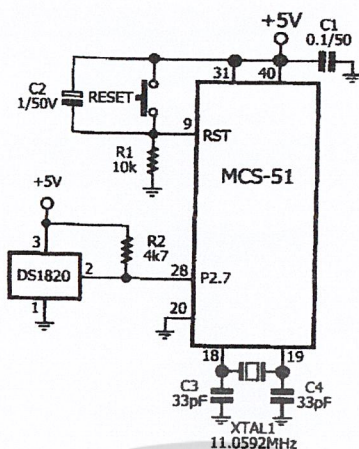
3) คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแควร์แพค (Read Scratchpad) มีค่าเท่ากับ 0BEH เมื่อคำสั่งนี้ DS1820 จะทยอยส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิออกมาทั้งหมด



ภาพที่ 3.6 โฟลวชาร์ตและรายละเอียดโปรแกรมย่อยการรีเซต DS1820

3.7 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

แสดงการเชื่อมต่อในภาพที่ 3.7 การเชื่อมต่อใช้พอร์ตเพียง 1 ขาเท่านั้นสำหรับการเชื่อมต่อกับ DS1820 โดยต้องมีตัวต้านทานค่า $4.7\text{ K}\Omega$ ต่อพูลอ์กับไฟเลี้ยง $\pm 5\text{V}$ จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกัน โดยใช้รูปแบบการติดต่อมาตรฐานระบบบัสหนึ่งสายของคัลลัส

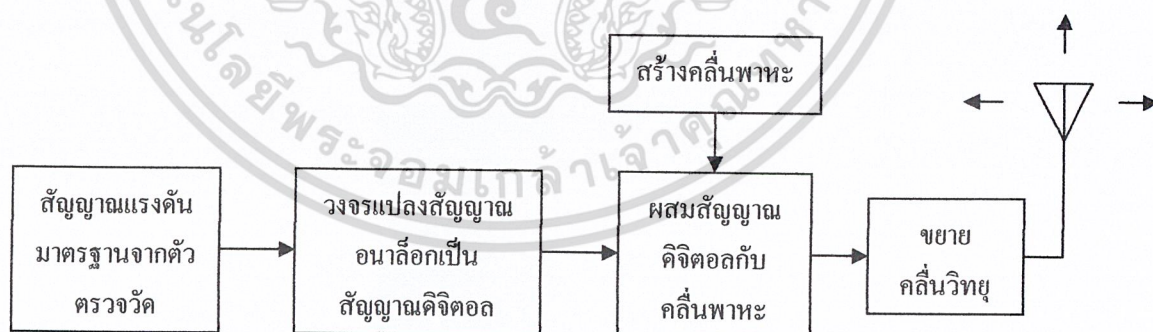


ภาพที่ 3.7 การเชื่อมต่อ DS1820 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.8 แบบจำลองการทดลอง

3.8.1 การรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย

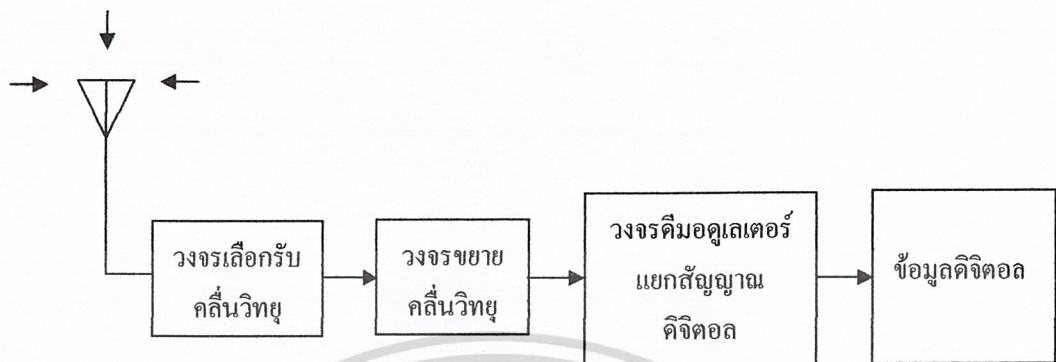
จากแนวคิดของการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ จึงนำเอาหลักการทำงานของ การ รับ-ส่ง สัญญาณ ด้วยคลื่นวิทยุมาประยุกต์ใช้ในโครงงานนี้ ทำให้เกิดความสะดวกในการตรวจวัด โดยจะใช้ คลื่นวิทยุย่านความถี่สูง (UHF) เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูล เนื่องจากไม่มีสายสัญญาณที่เป็น ตัวกลางระหว่างอุปกรณ์เซนเซอร์ทรานสดิวเซอร์ (ชุดส่ง) กับอุปกรณ์แสดงผล (ชุดรับ) ดังนั้นจึง สามารถนำชุดอุปกรณ์นี้ ไปตรวจวัดที่จุดใดๆ ก็ได้ที่คลื่นวิทยุสามารถเคลื่อนที่ไปถึง



ภาพที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของชุดส่ง

จากบล็อกไดอะแกรมภาพที่ 3.8 เริ่มด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) จะสร้างคลื่นวิทยุ ที่เป็นคลื่นพาหะมีความถี่ตามที่ต้องการ จะส่งป้อนเข้าไปยังวงจรมอดูเลเตอร์ สัญญาณข้อมูลที่เป็น แรงดันมาตรฐานจากตัวตรวจวัด (Sensor) ผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลส่ง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

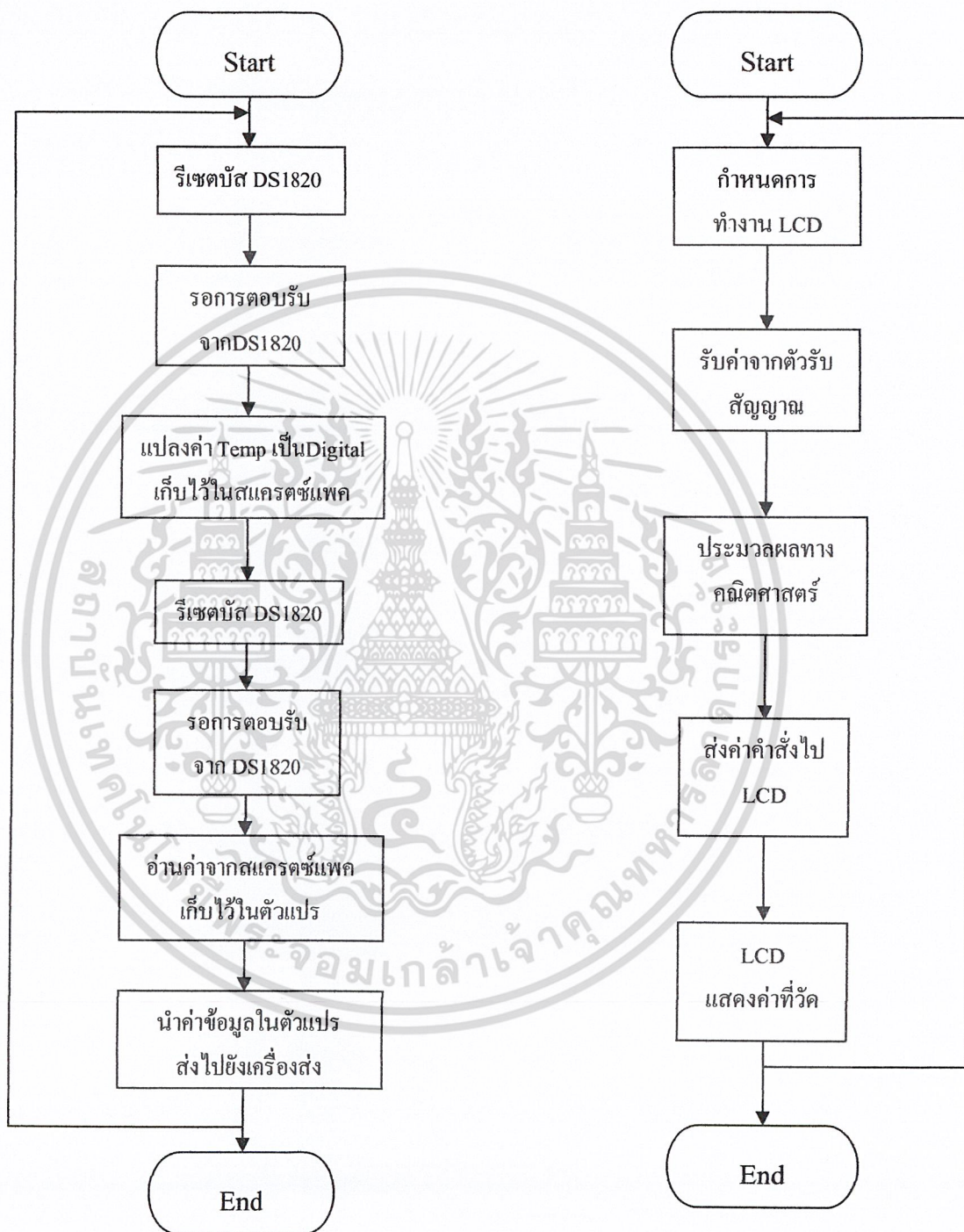
เข้าไปผสมกับคลื่นพาหะในวงจรมอดูเลเตอร์ แล้วส่งสัญญาณดังกล่าวไปขยายให้มีกำลังแรงขึ้นใน วงจรขยายคลื่นวิทยุ จากนั้นจึงส่งคลื่นวิทยุออกทางสายอากาศเพื่อกระจายคลื่นวิทยุออกไป



ภาพที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมของชุดรับ

วงจรเลือกรับคลื่นวิทยุโดยจะรับคลื่นวิทยุที่มีย่านความถี่เดียวกับเครื่องส่ง (ความถี่ของเครื่องส่งกับเครื่องรับต้องเป็นความถี่เดียวกัน) จากนั้นทำการขยายคลื่นวิทยุเพื่อให้สัญญาณแรงขึ้น แล้วส่งเข้าวงจรดีมอดูเลเตอร์เพื่อแยกเอาสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอลออกมา ข้อมูลที่ได้จะนำมาแปลงให้เป็นข้อมูลที่ต้องการด้วยเงื่อนไขของโปรแกรม โดยถ้าเป็นข้อมูลของอุณหภูมิจะแปลงให้อยู่ในรูปของเลขฐานสิบในหน่วยของศา แล้วจะแสดงผลที่หน้าจอ LCD เพื่อให้การวัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงนำอุปกรณ์ตรวจวัดไปติดตั้งบนรถบังคับวิทยุพร้อมติดกล้องขนาดเล็กทำให้สามารถที่จะตรวจวัดและการควบคุมในระยะไกลได้

3.8.2 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย



ภาพที่ 3.10 โฟลวชาร์ตการทำงานของชุดส่ง

ภาพที่ 3.11 โฟลวชาร์ตการทำงานของชุดรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

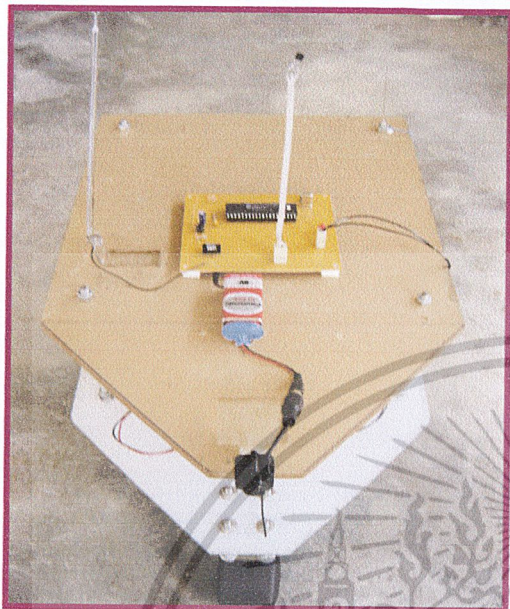
4.1 ระบบการตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย



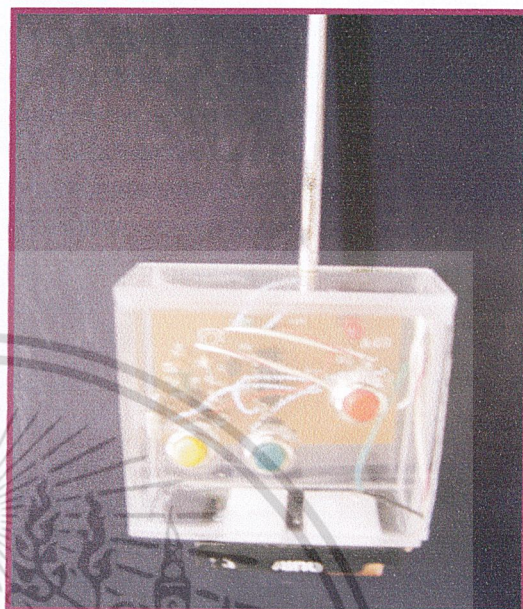
ภาพที่ 4.1 ระบบโดยรวมของการตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ระบบของชุดส่งที่ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย



ภาพที่ 4.2 ชุดส่งของการตรวจวัดอุณหภูมิ

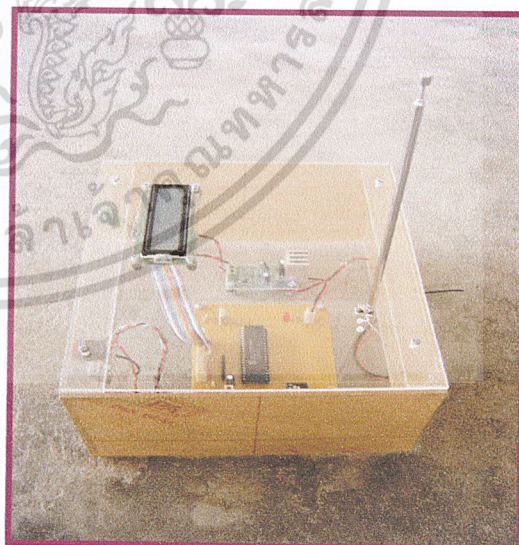


ภาพที่ 4.3 รีโมทควบคุมรับบังคับวิทยุ

4.1.2 ระบบของชุดรับที่ตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย



ภาพที่ 4.4 ชุดรับของการตรวจวัดอุณหภูมิ

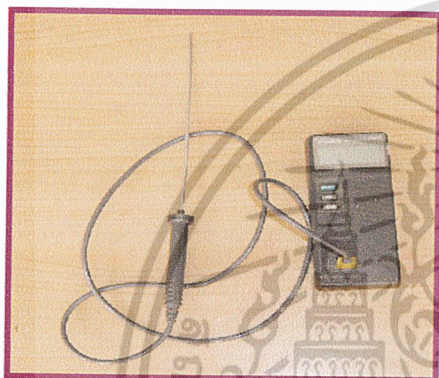


ภาพที่ 4.5 ชุดแสดงผลอุณหภูมิที่ตรวจวัด

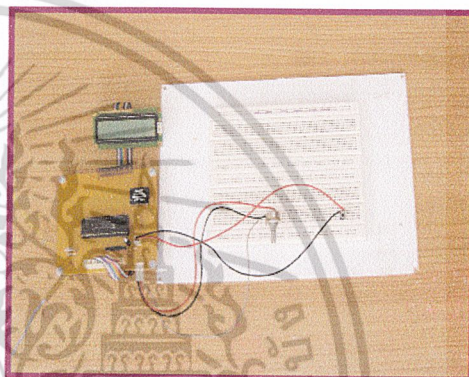
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

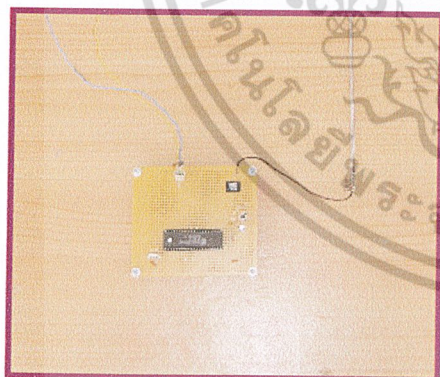
1. ชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย (WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR)
2. อุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้สอบเทียบอุณหภูมิ (FLUKE THERMOMETER)
3. DC-POWER SUPPLY UNIT ± 5 V
4. ชุดให้ความร้อนที่ปรับได้
5. ภาชนะใส่น้ำแข็งพร้อมน้ำแข็ง
6. ภาชนะครอบที่ใช้วัดอุณหภูมิ



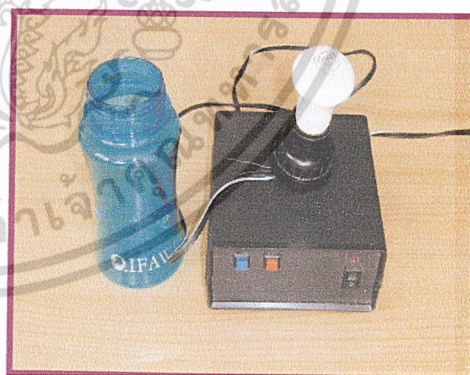
ภาพที่ 4.6 FLUKE THERMOMETER



ภาพที่ 4.7 ชุดรับของ WIRELESS TEMP



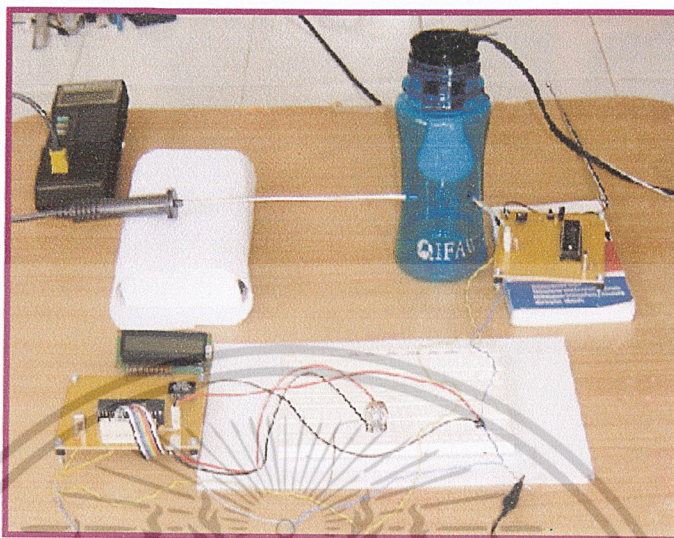
ภาพที่ 4.8 ชุดส่งของ WIRELESS TEMP



ภาพที่ 4.9 ชุดให้ความร้อนที่ปรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

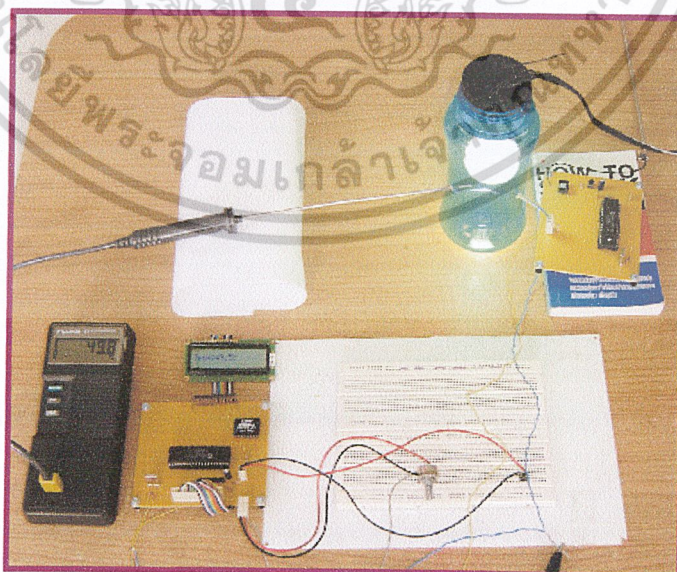
4.3 ลำดับขั้นตอนการทดลอง



ภาพที่ 4.10 ส่วนประกอบของการทดลอง

4.3.1 วัดอุณหภูมิห้องก่อนการทดลองด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน (FLUKETHERMOMETER) เทียบกับชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย

4.3.2 ติดตั้งอุปกรณ์และต่อวงจรดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.11 แสดงการทดลองวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ปรับอุณหภูมิให้มีค่าสูงสุดโดยการปรับที่ ชุดให้ความร้อนแล้วทำการวัดอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน (FLUKE THERMOMETER) ดังภาพที่ 4.11

4.3.4 ทำการทดลองด้วยการปรับระดับค่าอุณหภูมิให้ลดลงเรื่อย ๆ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน (FLUKE THERMOMETER) กับชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย บันทึกผลลงในตารางที่ 4.1

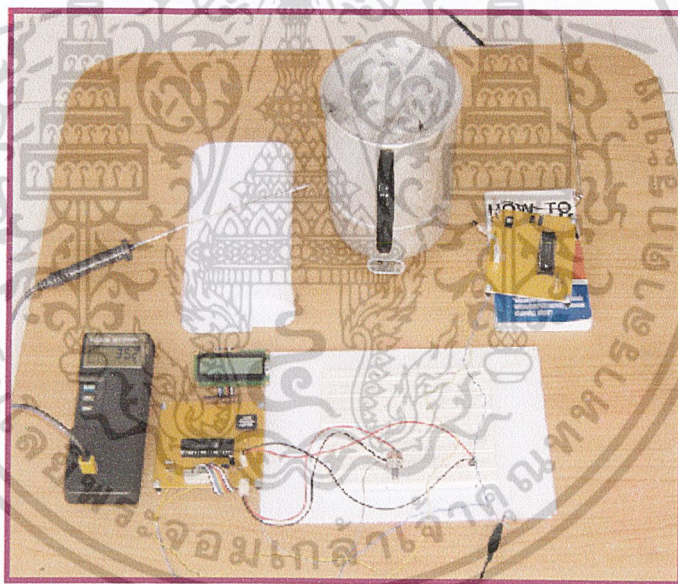
4.3.5 การเปลี่ยนระดับการวัดต้องรอให้หน้าจอแสดงค่าตัวเลขที่นิ่งเสียก่อน

4.3.6 การวัดอุณหภูมิที่ 0°C จะทำการทดลองดังภาพที่ 4.7

4.3.7 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง จากข้อที่ 4.3.3 ถึงข้อ 4.3.6

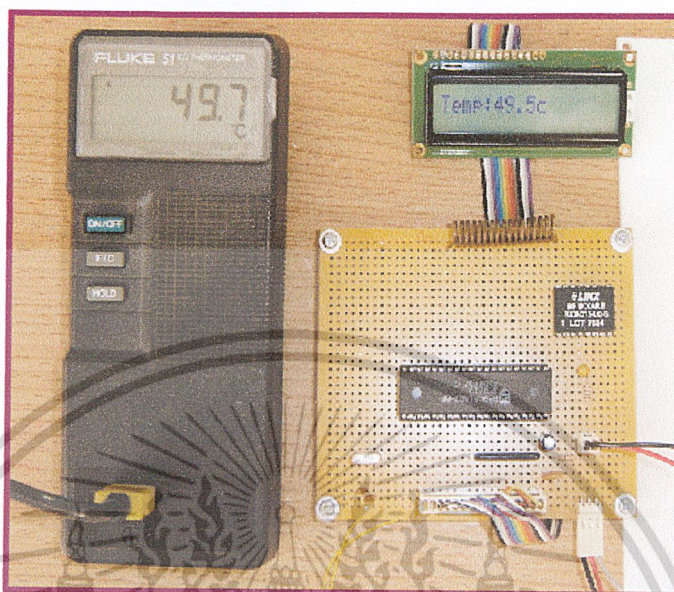
4.3.8 วัดอุณหภูมิห้องหลังการทดลองด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน (FLUKE THERMOMETER) กับชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย

4.3.9 คำนวณหาค่าความผิดพลาดจากชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย



ภาพที่ 4.12 ส่วนประกอบการวัดอุณหภูมิที่ 0°C

4.4 ผลการทดลอง



ภาพที่ 4.13 แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงในการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิที่วัดด้วยอุปกรณ์สอบเทียบอุณหภูมิ (FLUKE THERMOMETER) กับชุดตรวจวัดอุณหภูมิที่รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย

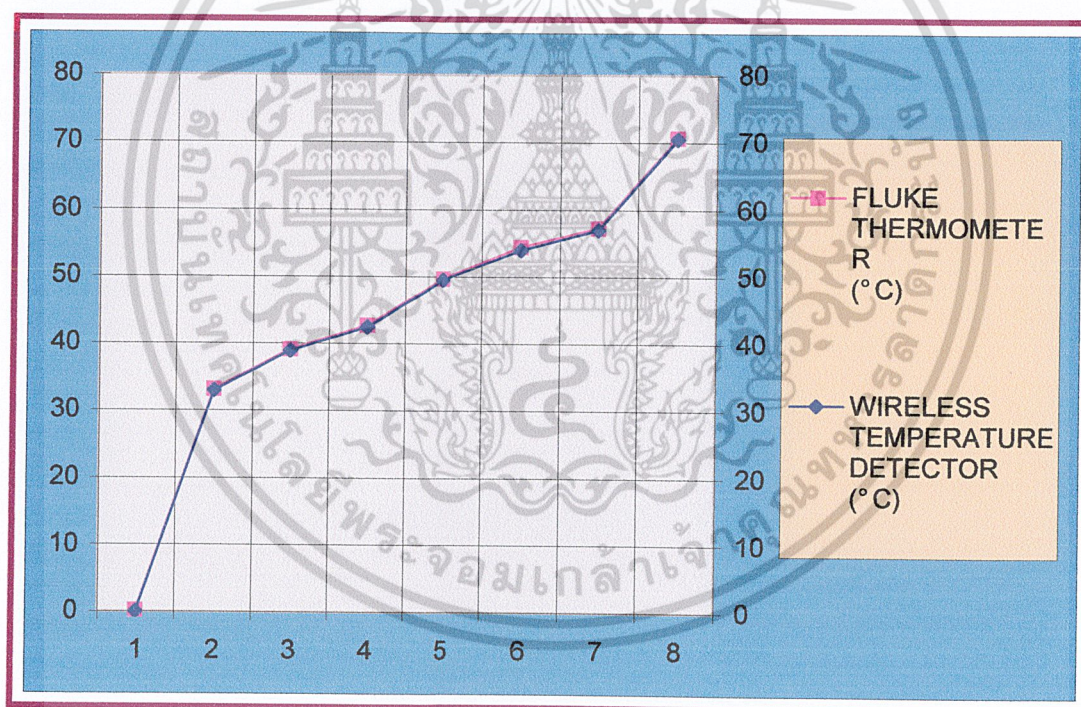
FLUKE THERMOMETER (°C)	WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR (°C)				ERROR (°C)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2
39.1	39.0	39.0	39.0	39.0	-0.1
42.8	42.5	42.5	42.5	42.5	-0.3
49.7	49.5	49.5	49.5	49.5	-0.2
54.4	54.0	54.0	54.0	54.0	-0.4
57.3	57.0	57.0	57.0	57.0	-0.3
70.7	70.5	70.5	70.5	70.5	-0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดอุณหภูมิที่อุณหภูมิห้อง

ลำดับการทดลอง	FLUKE THERMOMETER (°C)	WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR (°C)	ERROR (°C)
ก่อนการทดลอง	33.2	33.0	-0.2
หลังการทดลอง	33.3	33.0	-0.3

จากข้อมูลการทดลองสามารถนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้มาแสดงในรูปของแผนภูมิเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์มาตรฐาน (FLUKE THERMOMETER) กับชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย (WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR)



ภาพที่ 4.14 แผนภูมิการวัดค่าอุณหภูมิของ WIRELESS TEMPERATURE DETECTOR
เทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน FLUKE THERMOMETER

ในการทดลองถ้าต้องการกำหนดค่าอุณหภูมิที่วัดจากอุปกรณ์มาตรฐาน ให้ได้ค่าที่ไม่เป็นเลขจำนวนทศนิยมจะไม่สามารถทำได้ เพราะแหล่งจ่ายความร้อนที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบปรับระดับความสว่าง ขึ้น-ลง ระดับที่ปรับเป็นค่าคงที่ โดยไม่สามารถปรับความสว่างให้ละเอียด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้ได้ค่าความร้อนตามต้องการได้ ดังนั้นต้องมีแหล่งจ่ายความร้อนที่สามารถปรับให้ได้ค่า
อุณหภูมิที่มีความละเอียด

ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้จากการวัดของตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ DS1820

ย่านการวัด $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$

ค่า Error = $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

ย่านการวัด $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$

ค่า Error = $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหลักการทำงานของการทำงานของอุณหภูมิแบบไร้สาย เมื่อทำการทดลองวัดอุณหภูมิจากชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย ที่ระดับค่าอุณหภูมิต่างๆ โดยวัดเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน (FLUKE THERMOMETER) จะเห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิจากการวัดระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.1, 4.2 และจากภาพที่ 4.14 เป็นแผนภูมิที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์อย่างชัดเจน เมื่อคำนวณหาค่าความผิดพลาดจะได้ค่าที่เป็นลบและเป็นจำนวนตัวเลขทศนิยมซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ โดยอ้างอิงจาก Data Sheet ของตัวเซนเซอร์ DS1820

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ อาจเกิดจากสาเหตุของความผิดพลาดในตัวความต้านทานและตัวคาปาซิเตอร์ในวงจรที่ส่งผลการทดลอง และความผิดพลาดที่เกิดจากตัวเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิเอง

ปัญหาที่พบในการทดลอง

1. อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีนัก ทำให้ไม่สามารถ รับ-ส่งข้อมูลในระยะที่ไกลมากนักได้
2. ประสิทธิภาพของตัวเซนเซอร์ (Sensor) มีคุณภาพที่ไม่ดีนัก สังเกตจากเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่กำหนดให้มาใน Data Sheet และย่านการวัดของเซนเซอร์ยังไม่สามารถวัดอุณหภูมิที่มีค่าสูงๆ ได้
3. ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากชุดให้ความร้อนที่ปรับความสว่างของหลอดไฟ ไม่สามารถปรับให้ได้ค่าอุณหภูมิที่ละเอียดตามต้องการ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองในตารางการทดลอง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. ชุดตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย ควรปรับปรุงให้สามารถ รับ-ส่ง ข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลๆ
2. ควรจะสอบเทียบกับชุดทดลองที่มีเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ โดยเฉพาะ
3. ควรเพิ่มให้มีความสามารถในการวัดค่าอุณหภูมิที่ให้หน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์, เคลวิน
4. ในการตรวจวัดควรให้มีความหลากหลาย โดยอาจจะเพิ่มชุดตรวจวัดปริมาณก๊าซต่าง ๆ เข้าไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การใช้งานควรมีการแจ้งสถานะของการตรวจวัดอุณหภูมิ เพราะถ้าอุณหภูมิบริเวณนั้นมีค่าที่สูงหรือต่ำเกินกว่าที่จะสามารถจะตรวจวัดได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับชุดตรวจวัดอุณหภูมินั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ดร.พิพัฒน์ หิรัณย์วัฒน์ชากร, ระบบการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์, พิมพ์ครั้งที่1, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ, 2547
2. ผศ.วิศรุต ศรีรัตนะ , อ. อัมพวัน ไชกล้ำ,ปฏิบัติการวิศวกรรมการวัดคุม I, พิมพ์ครั้งที่1, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2546
3. บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์, หลักการไฟฟ้าสื่อสาร, พิมพ์ครั้งที่6, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540
4. ดร.ประสิทธิ์ ทิฆมพุม, การสื่อสารโทรคมนาคม (Telecommunication) ภาคพื้นฐาน, พิมพ์ครั้งที่1, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



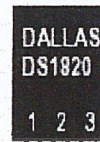
DS18S20 High Precision 1-Wire[®] Digital Thermometer

www.dalsemi.com

FEATURES

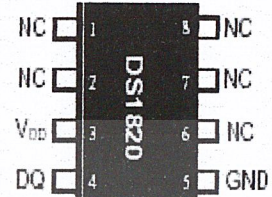
- Unique 1-wire interface requires only one port pin for communication
- Each device has a unique 64-bit serial code stored in an on-board ROM
- Multi-drop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply 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 750 ms (max.)
- User-definable nonvolatile alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



(BOTTOM VIEW)

TO-92
(DS18S20)



8-pin 150-mil SOIC
(DS18S20Z)

PIN DESCRIPTION

GND - Ground
DQ - Data In/Out
VDD - Power Supply Voltage
NC - No Connect

DESCRIPTION

The DS18S20 Digital Thermometer provides 9-bit centigrade 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.

DETAILED PIN DESCRIPTIONS Table 1

8-PIN SOIC*	TO-92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	1	GND	Ground.
4	2	DQ	Data Input/Output pin. Open-drain 1-wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see "Parasite Power" section.)
3	3	V _{DD}	Optional V_{DD} pin. V _{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.

*All pins not specified in this table are "No Connect" pins.

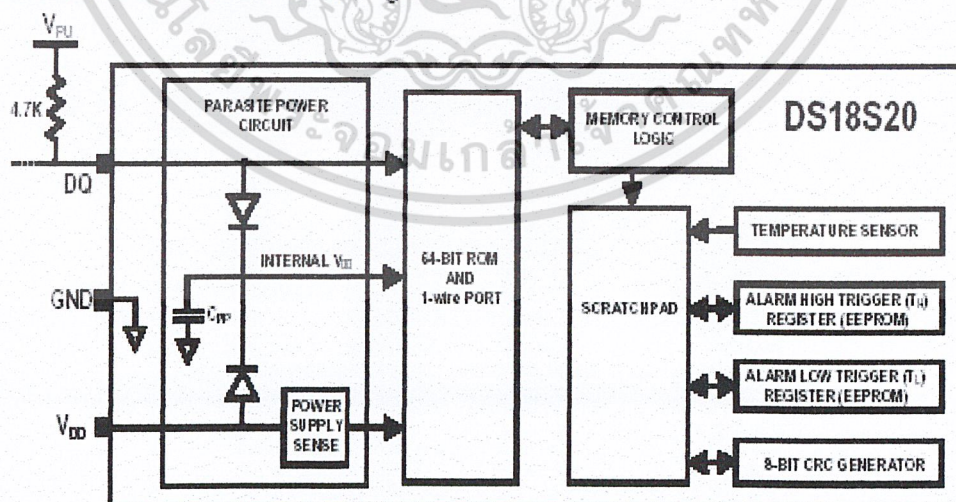
OVERVIEW

Figure 1 shows a block diagram of the DS18S20, and pin descriptions are given in Table 1. 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 Dallas' 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 of this datasheet.

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}.

DS18S20 BLOCK DIAGRAM Figure 1



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_{H1} and T_{L1}). Note that if the DS18S20 alarm function is not used, the T_{H1} and T_{L1} registers can serve as general-purpose memory. All memory commands are described in detail in the DS18S20 FUNCTION COMMANDS section.

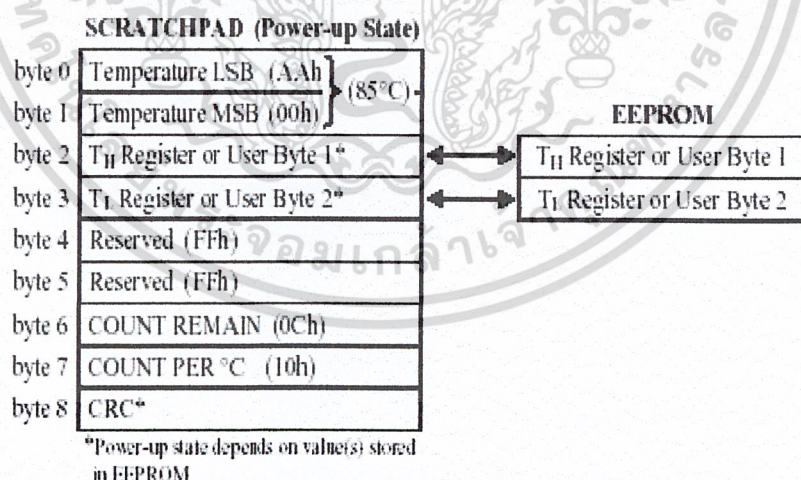
Byte 0 and byte 1 of the scratchpad contain the LSB and the MSB of the temperature register, respectively. These bytes are read-only. Bytes 2 and 3 provide access to T_{H1} and T_{L1} registers. Bytes 4 and 5 are reserved for internal use by the device and cannot be overwritten; these bytes will return all 1s when read. Bytes 6 and 7 contain the COUNT REMAIN and COUNT PER $^{\circ}\text{C}$ 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 cyclic redundancy check (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_{H1} and T_{L1} 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 E² [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.

DS18S20 MEMORY MAP



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 iButton Book of Standards at www.ibutton.com/ibuttons/standard.pdf. 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 multi-drop 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.

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, however, that the Skip ROM command can only be followed by the Read Scratchpad [BEh] command when there is one slave on the bus. This sequence saves time by allowing the master to read from the device without sending its 64-bit ROM code. This sequence 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. Refer to 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 4 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.

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 10 ms 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. Refer to the POWERING THE DS18S20 section for usage information for this command.

DS18S20 FUNCTION COMMAND SET Table 4

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_{II} and T_I).	4Eh	Master transmits 2 data bytes to DS18S20.	3
Copy Scratchpad	Copies T_{II} and T_I data from the scratchpad to EEPROM.	48h	None	1
Recall E^2	Recalls T_{II} and T_I 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.	

NOTES:

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.
2. The master can interrupt the transmission of data at any time by issuing a reset.
3. Both bytes must be written before a reset is issued.

1-WIRE SIGNALING

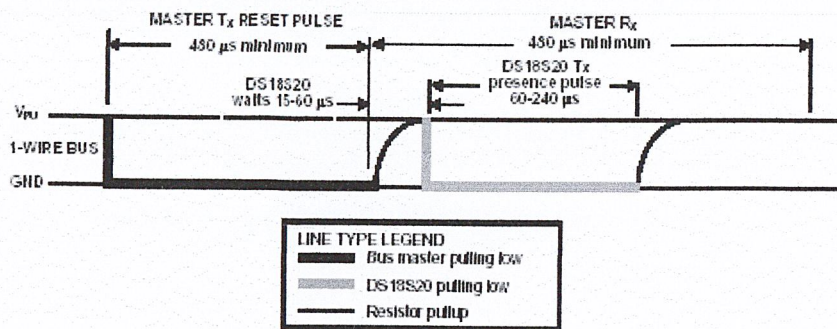
The DS18S20 uses a strict 1-wire communication protocol to insure data integrity. Several signal types are defined by this protocol: reset pulse, presence pulse, write 0, write 1, read 0, and read 1. All of these signals, with the exception of the presence pulse, are initiated by the bus master.

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 pullup resistor pulls the 1-wire bus high. When the DS18S20 detects this rising edge, it waits 15–60 μ s and then transmits a presence pulse by pulling the 1-wire bus low for 60–240 μ s.

INITIALIZATION TIMING Figure 10



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 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.

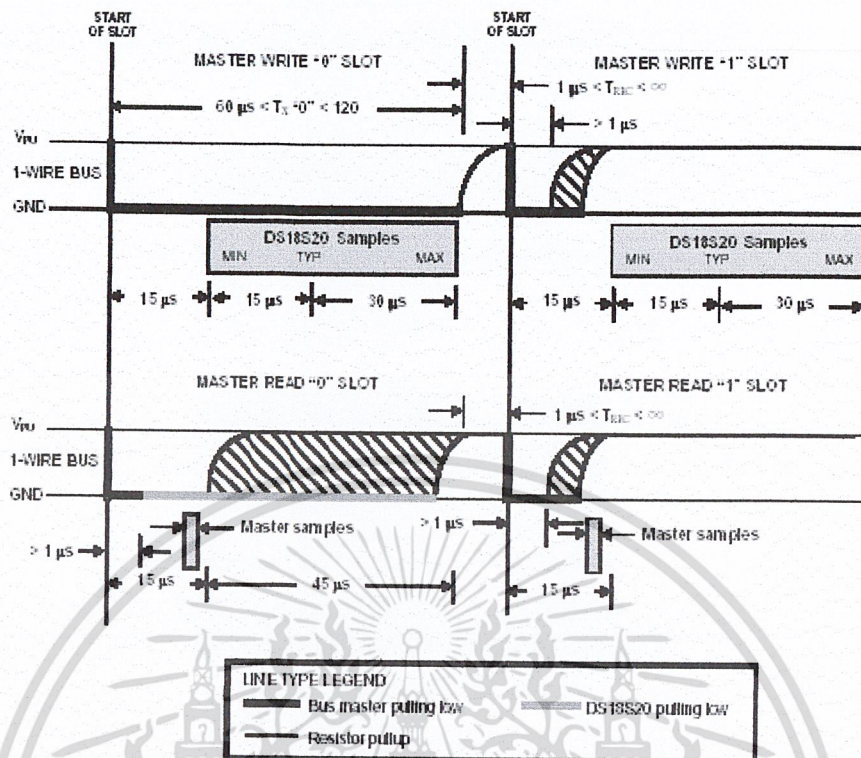
READ TIME SLOTS

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 COMMAND section.

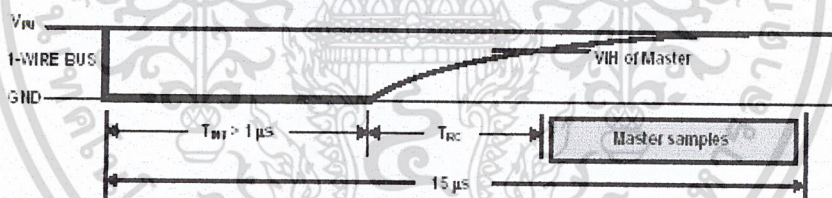
All read time slots must be a minimum of 60 μ s in duration with a minimum of a 1 μ s recovery time between slots. A read time slot is initiated by the master device pulling the 1-wire bus low for a minimum of 1 μ s and then releasing the bus (see Figure 11). After the master initiates the read time 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 15 μ s after the falling edge that initiated the read time slot. Therefore, the master must release the bus and then sample the bus state within 15 μ s from the start of the slot.

Figure 12 illustrates that the sum of T_{INIT} , T_{RC} , and T_{SAMPLE} must be less than 15 μ s 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 15 μ s period.

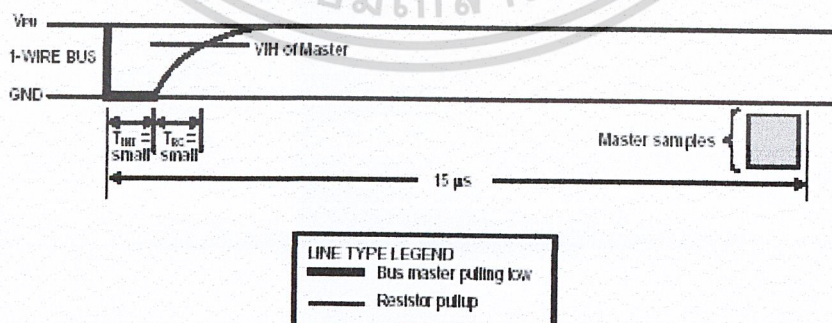
READ/WRITE TIME SLOT TIMING DIAGRAM Figure 11



DETAILED MASTER READ 1 TIMING Figure 12



RECOMMENDED MASTER READ 1 TIMING Figure 13



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on any pin relative to ground	-0.5V to +6.0V
Operating temperature	-55°C to +125°C
Storage temperature	-55°C to +125°C
Soldering temperature	See J-STD-020A Specification

*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	CONDITION	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_I	$V_{IO} = 0.4V$	4.0			mA	1
Standby Current	I_{DPS}			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:

1. All voltages are referenced to ground.
2. 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: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.
3. See typical performance curve in Figure 16
4. Logic low voltages are specified at a sink current of 4 mA.
5. To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{IL_MAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.
6. Logic high voltages are specified at a source current of 1 mA.
7. Standby current specified up to 70°C. Standby current typically is 3 μA at 125°C.
8. To minimize I_{DPS} , DQ should be within the following ranges: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.
9. Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.
10. DQ line is high ("hi-Z" state).
11. Drift data is based on a 1000 hour stress test at 125°C with $V_{DD} = 5.5V$.

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

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

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

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	t_{CONV}				750	ms	1
Time to Strong Pullup On	t_{STRON}	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_{INOUT}				25	pF	

NOTES:

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



TXM-315-LC
TXM-418-LC
TXM-433-LC



WIRELESS MADE SIMPLE

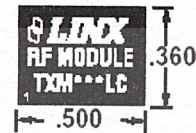
LC-SERIES TRANSMITTER MODULE DATA GUIDE

DESCRIPTION:

The LC Series is ideally suited for volume use in OEM applications such as remote control, security, identification, and periodic data transfer. Packaged in a compact SMD package, the LC transmitter utilizes a highly optimized SAW architecture to achieve an unmatched blend of performance, size, efficiency and cost. When paired with a matching LC-Series receiver, a highly reliable wireless link is formed, capable of transferring serial data at distances in excess of 300 feet. No external RF components, except an antenna, are required, making design integration straightforward, even for engineers lacking previous RF experience.

PHYSICAL DIMENSIONS

TOP VIEW



SIDE VIEW



TOP VIEW



FEATURES:

- Low Cost
- No External RF Components Required
- Ultra-low Power Consumption
- Compact Surface-Mount Package
- Stable SAW-based Architecture
- Supports Data Rates to 5,000 bps
- Wide Supply Range (2.7-5.2 VDC)
- Direct Serial Interface
- Low Harmonics
- No Production Tuning

PINOUTS

APPLICATIONS INCLUDE:

- Remote control
- Keyless entry
- Garage / Gate openers
- Lighting control
- Medical monitoring / Call systems
- Remote industrial monitoring
- Periodic data transfer
- Home / Industrial automation
- Fire / Security alarms
- Remote status / Position sensing
- Long-range RFID
- Wire Elimination

ORDERING INFORMATION

PART #	DESCRIPTION
EVAL-***-LC	Basic Evaluation Kit
MDEV-***-LC	Master Development Kit
TXM-315-LC	Transmitter 315 MHz
TXM-418-LC	Transmitter 418 MHz
TXM-433-LC	Transmitter 433 MHz
RXM-315-LC	Receiver 315 MHz
RXM-418-LC	Receiver 418 MHz
RXM-433-LC	Receiver 433 MHz

*** Insert Frequency

Not covered in this manual

LC Transmitters are supplied in tube packaging - 50 pcs. per tube.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PERFORMANCE DATA- TXM-***-LC

ABOUT THESE MEASUREMENTS

The performance parameters listed below are based on module operation at 25°C from a 3.3VDC supply unless otherwise noted. Figure 1 at the right illustrates the connections necessary for testing and operation. It is recommended that all ground pins be connected to the groundplane.

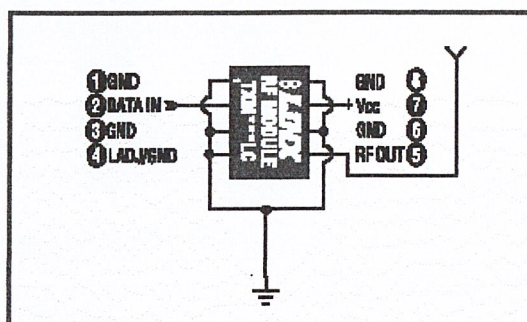


figure 1: Test/Basic application circuit

Parameters LCTX 433, 418, 315MHz	Designation	Min.	Typical	Max.	Units	Notes
Operating Voltage Range	V _{CC}	2.7	—	5.2	Volts	—
Current Continuous	I _{CC}	—	3.0	6.0	mA	1, 5
Current Average	I _{CA}	—	1.5	—	mA	2, 5
Current In Sleep	I _{SLP}	—	—	1.5	μA	3
Data Input Low	V _{IL}	0	—	0.4	Volts	—
Data Input High	V _{IH}	2.5	—	V _{CC}	Volts	—
Oscillator Start-up Time	T _{OSU}	—	—	80	μS	4
Oscillator Ring-down Time	T _{ORD}	—	—	100	nSec	4
Output Power	P _O	-4	0	+4	dBm	4

Parameter LCTX 315MHz	Designation	Min.	Typical	Max.	Units	Notes
Frequency of Carrier	F _C	314.925	315.0	315.075	MHz	—
Harmonic Emissions	P _H	—	—	-40	dBc	4

Notes:

1. Current draw with data pin held continuously high.
2. Current draw with 50% mark/space ratio.
3. Current draw with data pin low.
4. RF out connected to 50Ω load.
5. Ladj (pin 4) through 430Ω resistor.

Absolute Maximum Ratings:

Supply voltage V_{CC} , using pin 7	-0.3	to	+6 VDC
Operating temperature	-30°C	to	+70°C
Storage temperature	-45°C	to	+85°C
Soldering temperature	+225°C for 10 sec.		
Any input or output pin	-0.3	to	V_{CC}

NOTE Exceeding any of the limits of this section may lead to permanent damage of the device. Furthermore, extended operation at these maximum ratings may reduce the life of this device.

PIN DESCRIPTIONS:**Pin 1 GROUND**

Connect to groundplane.

Pin 2 DATA IN

Serial data input pin. TTL and CMOS compatible.

Pin 3 GROUND

Connect to groundplane.

Pin 4 LADJ/GND

Output power level adjustment. Connect to ground for 3V operation. Connect to ground through 430 Ohm resistor for 5V operation. (see graph on page 3 and page 10)

Pin 5 RF OUT

Connect to 50 Ω matched antenna.

Pin 6 GROUND

Connect to groundplane.

Pin 7 POSITIVE SUPPLY (V_{CC} 2.7-6 VDC)

The supply must be clean (<20 mV pp), stable and free of high-frequency noise. A supply filter is recommended unless the module is operated from its own regulated supply or battery.

Pin 8 GROUND

Connect to groundplane.

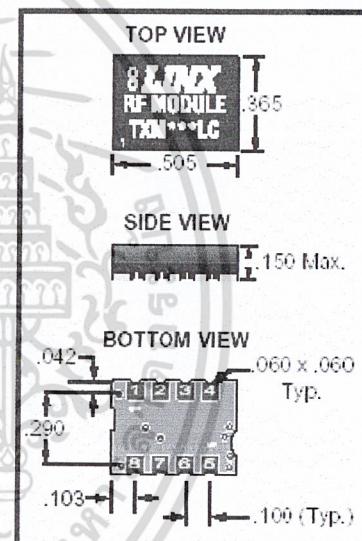
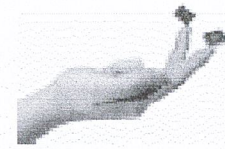


figure 9: LC-TXM Physical Package



RXM-315-LC-S
RXM-418-LC-S
RXM-433-LC-S

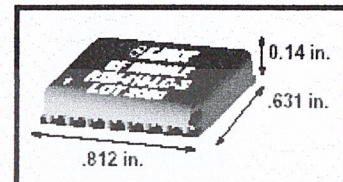


LC SERIES RECEIVER MODULE DATA GUIDE

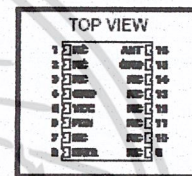
Covers Ultra-Compact S-Style (True SMD Version)

DESCRIPTION:

The LC Series is ideally suited for volume use in OEM applications such as remote control, security, identification, and periodic data transfer. Available in 2 styles of compact SMD packages, the LC-S receiver utilizes a highly optimized SAW architecture to achieve an unmatched blend of performance, size, efficiency and cost. When paired with a matching LC series transmitter, a highly reliable wireless link is formed, capable of transferring serial data at distances in excess of 300 Feet. No external RF components, except an antenna, are required, making design integration straightforward.



PHYSICAL DIMENSIONS



PINOUTS

FEATURES:

- Low Cost
- No External RF Components Required
- Low Power Consumption
- Compact True Surface-Mount Package
- Stable SAW-based Architecture
- Outstanding Sensitivity
- Supports Data Rates to 5,000 bps
- Direct Serial Interface
- No Production Tuning

APPLICATIONS INCLUDE:

- Remote control / Keyless entry
- Garage / Gate openers
- Lighting control
- Medical monitoring / Call systems
- Remote industrial monitoring
- Periodic data transfer
- Home / Industrial automation
- Fire / Security alarms
- Wire Elimination
- Long-range RFID

ORDERING INFORMATION

PART #	DESCRIPTION
EVAL-***-LC	Basic Evaluation Kit
MDEV-***-LC	Master Development Kit
RXM-315-LC-P	Receiver 315MHZ (Pinned SMD)
RXM-418-LC-P	Receiver 418MHZ (Pinned SMD)
RXM-433-LC-P	Receiver 433MHZ (Pinned SMD)
RXM-315-LC-S	Receiver 315MHZ (SMD)
RXM-418-LC-S	Receiver 418MHZ (SMD)
RXM-433-LC-S	Receiver 433MHZ (SMD)

*** Insert Frequency

Not covered in this manual

LC Receivers are supplied in tube packaging - 40 pcs. per tube.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PERFORMANCE DATA-RXM-***-LC

ABOUT THESE MEASUREMENTS

The performance parameters listed below are based on module operation at 25°C from a 3VDC. Figure 1 at the right illustrates the connections necessary for testing and operation. It is recommended all ground pads be connected to the groundplane. The pads marked NC have no physical connection and are designed only to add support.

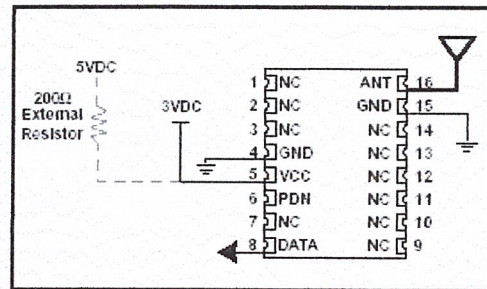


figure 1: Test/Basic application circuit

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply voltage V_{cc}	-0.3	to	+4.2	VDC
	-0.3	to	+5.2	VDC (SEE NOTES 3,4)
Operating temperature	-30°C	to	+70°C	
Storage temperature	-45°C	to	+85°C	
Soldering temperature	+225°C for 10 sec.			
RF input, pin 16	0 dBm			
Any input or output pin	-0.3	to	V_{cc}	

NOTE Exceeding any of the limits of this section may lead to permanent damage to the device. Furthermore, extended operation at these maximum ratings may reduce the life of this device.

Parameters RXM-315-LC-S	Designation	Min.	Typical	Max.	Units	Notes
Operating Voltage	V_{cc}	2.7	—	4.2	VDC	—
w/Dropping Resistor	V_{cc}	4.7	—	5.2	VDC	3
Current Continuous	I_{cc} ($V_{cc}=3V$)	4.0	5.0	7.0	mA	—
Current in Sleep	I_{SLP} ($V_{cc}=3V$)	—	700	930	μA	—
Data Out Voltage Logic Low	V_{OL}	0	—	.2	VDC	—
Data Out Voltage Logic High	V_{OH}	$V_{cc}-0.3$	—	V_{cc}	VDC	—
	V_{OH}	2.7	3.4	V_{cc} (Note 5)	VDC	4
Receive Frequency	F_c	314.925	315.0	315.075	MHz	—
Noise BW		—	280	—	KHz	—
Sensitivity @10 ⁻⁵ BER		-92	-95	-100	dBm	1
Baud Rate		100	—	5,000	bps	—
Settling Time		5	7	10	mSec	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHYSICAL PACKAGING

The receiver is packaged as a hybrid SMD module with sixteen pads spaced 0.100" on center. The castellated SMD package allows for easy prototyping or hand assembly while maintaining full compatibility with automated pick-and-place equipment. Modules are supplied in tube packaging.

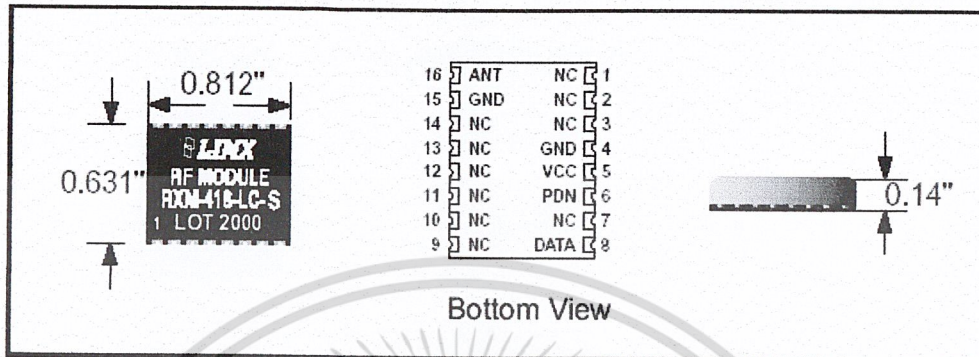


figure 2: LC-S Series Receiver Package Dimensions

PIN DESCRIPTIONS:

Pin 1, 2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14 - NO CONNECTION

Attach to an isolated pad to provide support for the module. Do not make electrical connection.

Pin 4, 15 - GROUND

Connect to quiet ground or groundplane. It is internally connected to pin 8.

Pin 5 - POSITIVE SUPPLY (VCC 2.7-4.2 VDC *4.7-5.2 w/ external dropping resistor)

The supply must be clean (<20 mV pp), stable and free of high-frequency noise. A supply filter is recommended unless the module is operated from its own regulated supply or battery. Please note that operation from 4.7 to 5.2 volts requires the use of an external 200Ω resistor placed in-line with VCC.

Pin 6 - POWER DOWN

Pull this line low to put the receiver in sleep mode (700 μA). Leave floating or pull high to enable the receiver.

Pin 8 - DATA OUT

Internally pulled to V_{CC} . Open collector data output w/internal pullup to V_{CC} . Recovered data is output on this pin. Output voltage during a high bit will average $V_{CC} - 0.3V$.

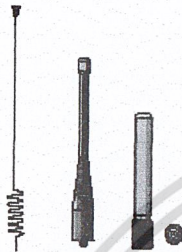
Pin 16 - RF IN

The receiver antenna connects to this input. It has nominal RF impedance of 50Ω and is capacitively isolated from the internal circuitry.

COMMON ANTENNA STYLES

There are literally hundreds of antennas styles that can be successfully employed with the LC Series. Following is a brief discussion of the three styles most commonly utilized in compact RF designs. Additional antenna information can be found in Linx application notes #00500, #00100, #00126 and #00140. Linx also offers a broad line of antennas and connectors which offer outstanding performance and cost-effectiveness.

Whip Style



1/4-wave wire lengths
for LC frequencies:

315Mhz=8.9"

418Mhz=6.7"

433Mhz=6.5"

A whip-style monopole antenna provides outstanding overall performance and stability. A low-cost whip can be easily fabricated from wire or rod, but most product designers opt for the improved performance and cosmetic appeal of a professionally made model. To meet this need, Linx offers a wide variety of straight and reduced height whip-style antennas in permanent and connectorized mounting styles.

The wavelength of the operational frequency determines an antenna's overall length. Since a full wavelength is often quite long, a partial 1/4-wave antenna is normally employed. Its size and natural radiation resistance make it well matched to Linx modules. The proper length for a 1/4-wave antenna can be easily found using the formula below. It is also possible to reduce the overall height of the antenna by using a helical winding. This decreases the antenna's bandwidth but is an excellent way to minimize the antenna's physical size for compact applications.

$$L = \frac{234}{F \text{ MHz}}$$

Where:

L=length in feet of quarter wave length

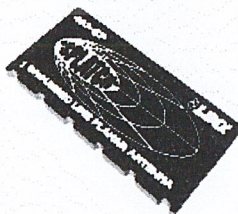
F=operating frequency in megahertz

Helical Style



A helical antenna is precisely formed from wire or rod. A helical antenna is a good choice for low-cost products requiring average range performance and internal concealment. A helical can detune badly in proximity to other objects and its bandwidth is quite narrow so care must be exercised in layout and placement.

Loop Style



A loop- or trace-style antenna is normally printed directly on a product's PCB. This makes it the most cost-effective of antenna styles. There are a variety of shapes and layout styles which can be utilized. The element can be made self-resonant or externally resonated with discrete components. Despite its cost advantages, PCB antenna styles are generally inefficient and useful only for short-range applications. Loop-style antennas are also very sensitive to changes in layout or substrate dielectric which can introduce consistency issues into the production process. In addition, printed styles initially are difficult to engineer, requiring the use of expensive equipment including a network analyzer. An improperly designed loop will have a high SWR at the desired frequency which can introduce substantial instability in the RF stages.

Linx offers a low-cost planar antenna called the "SPLATCH" which is an excellent alternative to the sometimes problematic PCB trace style. This tiny antenna mounts directly to a product's PCB and requires no testing or tuning. Its design is stable even in compact applications and it provides excellent performance in light of its compact size.