สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบสภาพอากาศแบบไร้สาย
Wireless Weather Monitoring System

โดย

นาย ธงชัย ลือขจร

นาย สุรินทร์ สุวรรณเลิศ

นาย เอกรัฐ ปรีจินดา

ปพ
ธ1185
2550

เลขหมู่.........
เลขทะเบียน 83093
วัน,เดือน,ปี -5 ส.ค. 2551

b 11963955
i.........

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS WEATHER MONITORING SYSTEM

BY

Mr. THONGCHAI LUEKHACHORN

Mr. SURIN SUWANLERT

Mr. EAKKARAT PREJINDA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบตรวจสอบสภาพอากาศไร้สาย
ชื่อนักศึกษา	นาย ธงชัย ลือขจร รหัสประจำตัว 48015578
	นาย สุรินทร์ สุวรรณเลิศ รหัสประจำตัว 48015601
	นาย เอกรัฐ ปรีจินดา รหัสประจำตัว 48015608
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2550

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

....

(ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบตรวจสอบสภาพอากาศไร้สาย
ชื่อนักศึกษา	นาย ธงชัย ลือขจร รหัสประจำตัว 48015578
	นาย สุรินทร์ สุวรรณเลิศ รหัสประจำตัว 48015601
	นาย เอกรัฐ ปรีจินดา รหัสประจำตัว 48015608
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีสมองกลฝังตัวได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนเรา โดยที่ผู้คนส่วนใหญ่ไม่รู้ตัว ซึ่งเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้มากมายหลายด้าน โดยโครงงานนี้ได้นำเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวมาสร้างเป็นระบบตรวจสอบสภาพอากาศแบบไร้สายโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นตัวประมวลผลทำงานร่วมกับตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณแสง

โดยโครงงานนี้สามารถช่วยให้นักวิจัยหรือผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลได้ทั้งทางอินเตอร์เน็ตและผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มือถือและระบบยังสามารถแจ้งเตือนได้หากมีค่าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ โครงงานนี้จึงเป็นประประโยชน์แก่นักวิจัยหรือผู้ใช้งานและสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ได้อย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	WIRELESS WEATHER MONITORING SYSTEM
Student	Mr. THONGCHAI LUEKHACHORN ID. 48015578
	Mr. SURIN SUWANLERT ID. 48015601
	Mr. EAKKARAT PREJINDA ID. 48015608
Advisor	Asst. Prof. Monchai Chamchoy
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering
Department	Information Engineering
Academic Year	2007

Abstract

Embedded Technology is become to be a part of our daily life although most of us don't know Embedded Technology which can be applied in many ways. In this project we used Embedded Technology to be a wireless weather monitoring system which has an AVR microcontroller, for evaluating and worked with a weather's sensor, humidity's sensor and quantity of light's sensor.

This project can be used for checking the data through Internet System and Mobile Phone Network. Moreover a wireless weather monitoring system can warn the users if the weather has a lower or higher than a fixed value Finally, this project is very useful and for research students and all users that are interested in.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณ ผศ.มนต์ชัย แช่มช้อย อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่คอยช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในการทำงานจนสำเร็จ และให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้าน ตลอดจนทุนทรัพย์ที่ใช้ในการทำโครงงาน ขอบพระคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและกำลังใจเป็นอย่างดี และขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้พวกเราคนดี ขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ทำให้เราสำเร็จการศึกษาเป็นบัณฑิตที่ดีมีคุณภาพ เพื่อรับใช้สังคมออกไปพัฒนาประเทศและเป็นคนดีของประเทศชาติ ขอบคุณพี่บอลที่ให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี และเอาของเล่นแปลกๆมาให้เล่นเรื่อยๆ ขอบคุณพี่เน็ตที่สละเวลาให้คำแนะนำ ขอบคุณเพื่อนๆทุกๆคนที่ให้ยืมอุปกรณ์ เครื่องมือและเงินเมื่อเราขาดแคลนและทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 การทำงานโดยรวมของระบบ	2
บทที่ 2 เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR	3
2.1.1 ขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT mega 128	4
2.1.2 โครงสร้างภายนอกและตำแหน่งขา	5
2.1.3 รายละเอียดของขาสัญญาณและการใช้งาน	5
2.2 หลักการวัดความชื้นในอากาศ	7
2.2.1 ทฤษฎีความชื้นในบรรยากาศ	7
2.2.2 ความชื้นสัมบูรณ์	7
2.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์	7
2.2.4 ความชื้นจำเพาะ	7
2.2.5 หลักการวัดความชื้นในอากาศ	8
2.3 ทฤษฎีการตรวจวัดอุณหภูมิ	9
2.3.1 การวัดอุณหภูมิ	10
2.3.2 ชนิดและวิธีการวัดอุณหภูมิ	10
2.3.3 ระบบการวัดโดยทั่วไป	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ SHT 15 12
2.4.1 ขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของโมดูล SHT 15 13
2.4.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของ SHT15 14
2.4.3 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 15
2.4.4 คำนวณค่าอุณหภูมิ 16
2.4.5 คำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ 16
2.5 หลักการวัดแสง 17
2.5.1 LDR ตัวต้านทานไวแสง 18
2.5.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล 22
2.6 Global System for Mobile Communications (GSM) 25
2.6.1 สถานที่ซึ่งมีการใช้ GSM 25
2.6.2 หลักการทำงานของระบบ GSM 26
2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบัส I^2C 28
2.7.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C 28
2.7.2 หลักการของบัส I^2C 29
2.7.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I2C 30
2.7.4 การทำงานบนบัส I^2C 31
2.7.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต 32
2.7.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต 33
2.8 การสื่อสารข้อมูล 33
2.8.1 รูปแบบการรับส่งข้อมูลข่าวสาร 34
2.8.2 ลักษณะการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 36
2.8.3 ช่วงจังหวะเวลาของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม 37
2.8.4 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม 37
2.8.5 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐานRS-232 38
2.8.6 วงจรภายในไอซี MAX232, L232 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบระบบการทำงาน

3.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ 42

3.1.1 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 42

3.1.2 การออกแบบการเชื่อมต่อโมดูล SHT 15 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 43

3.1.3 การออกแบบการเชื่อมต่อ LDR 45

3.1.4 การออกแบบการเชื่อมต่อRS-232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 46

3.2 การออกแบบซอฟแวร์ 47

3.2.1 การออกแบบโปรแกรมติดต่อบัส I^2C 47

3.2.2 การออกแบบโปรแกรมส่วนของการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ 48

3.2.3 การออกแบบโปรแกรมการเชื่อมต่อ LDR 50

3.2.4 การออกแบบโปรแกรมการเชื่อมต่อ GSM Model 51

บทที่ 4 การใช้งานและผลการทดลอง

4.1 ทดลองการตรวจวัดปริมาณแสง 52

4.2 ทดลองการดูข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม 55

4.3 ทดลองการดูข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์ 59

4.4 ทดลองการดูข้อมูลผ่านทางอินเตอร์เน็ต 60

บทที่ 5 สรุป

5.1 สรุปผล 62

5.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต 62

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 การทำงานโดยรวมของระบบ 2
รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายนอกและตำแหน่งขา 5
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของการวัดความชื้น 8
รูปที่ 2.3 หลักการวัดอุณหภูมิ 10
รูปที่ 2.4 ระบบการวัดโดยทั่วไป 11
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของโมดูล SHT 15 13
รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของโมดูล SHT 15 13
รูปที่ 2.7 สภาวะการส่งผ่านข้อมูล 14
รูปที่ 2.8 สภาวะการรีเซต 15
รูปที่ 2.9 โครงสร้าง LDR 19
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ 20
รูปที่ 2.11 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR 21
รูปที่ 2.12 แผนภูมิการทำงานของ ADC แบบ Successive Approximation 23
รูปที่ 2.13 การสุ่มสัญญาณ 24
รูปที่ 2.14 สเปกตรัมความถี่ 24
รูปที่ 2.15 การจำแนกพื้นที่การใช้งาน โดยแบ่งเป็นเซลล์ 25
รูปที่ 2.16 ช่วงความถี่ของ GSM 26
รูปที่ 2.17 ระบบ GSM 26
รูปที่ 2.18 ข้อมูลของผู้ใช้และโอเวอร์เฮด (overhead)ในมัลติเฟรม 27
รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C 28
รูปที่ 2.20 การต่อความต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณ 29
รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมเวลาของสถานะต่าง ๆ 31
รูปที่ 2.22 รูปแบบการกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างแบบ 7 บิต 31
รูปที่ 2.23 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างแบบ 7 บิต 32
รูปที่ 2.24 รูปแบบข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต 33
รูปที่ 2.25 แบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 35
รูปที่ 2.26 แบบการส่งข้อมูลแบบขนาน 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.27 แบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 36

รูปที่ 2.28 การส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที 37

รูปที่ 2.29 การส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย บิตเริ่มต้น บิตพาริตี้, บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที 38

รูปที่ 2.30 ระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL 39

รูปที่ 2.31 ตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232 39

รูปที่ 2.32 การต่อใช้งานไอซี MAX232, L232 40

รูปที่ 2.33 พอร์ตอนุกรมใช้ในการเชื่อมต่อการส่งสัญญาณ 40

รูปที่ 3.1 การทำงานโดยรวมของระบบ 41

รูปที่ 3.2 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR AT mega 128 42

รูปที่ 3.3 สัญญาณการเริ่มต้นการส่งข้อมูล SHT15 43

รูปที่ 3.4 โครงสร้างภายในของไอซี SHT 15 44

รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อโมดูล SHT 15 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 44

รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อ LDR เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 45

รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อRS-232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 46

รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมย่อยของสถานะเริ่มต้นและสถานะหยุด 48

รูปที่ 3.9 Flowchart ของโปรแกรมการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ 49

รูปที่ 3.10 Flowchart ของโปรแกรมการเชื่อมต่อ LDR 50

รูปที่ 3.11 Flowchart ของโปรแกรมการเชื่อมต่อ GSM Model 51

รูปที่ 4.1 วงจรแบ่งแรงดันที่ใช้ทดลองวัดแสง 52

รูปที่ 4.2 วงจรที่ใช้ทดลองวัดแสง 53

รูปที่ 4.3 หน้าต่าง Connection Description 55

รูปที่ 4.4 หน้าต่าง Connect To เพื่อพอร์ตอนุกรม 56

รูปที่ 4.5 หน้าต่าง COM 1 Properties 56

รูปที่ 4.6 การเรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal โดยตรง 57

รูปที่ 4.7 การเรียกใช้ Wireless Weather Monitoring System 57

รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนค่าของอุปกรณ์เซนเซอร์ Wireless Weather Monitoring System 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าจากตัวเซนเซอร์กับปรอทวัด 58

รูปที่ 4.10 ส่งที่ได้จากตัวเซนเซอร์เข้า GSM module 59

รูปที่ 4.11 ข้อมูลรูปแบบ SMS ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ดูแล 60

รูปที่ 4.12 การแสดงผลผ่านทางอินเตอร์เน็ต 61

รูปที่ 4.13 การแสดงผลผ่านทางโปรแกรม Hyper Terminal 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของขาโมดูล SHT 15 ที่นำมาต่อใช้งาน 14

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลของคำสั่ง 14

ตารางที่ 2.3 ค่าเวลาที่โมดูล SHT15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล 15

ตารางที่ 2.4 กำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 และ 2 (d1และ d2) เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้ 16

ตารางที่ 2.5 กำหนดค่าคงที่ใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้ 17

ตารางที่ 2.6 ความสว่างของแสงในสถานที่ต่างๆ 18

ตารางที่ 2.7 ปริมาณแสงที่ได้จากหลอดไฟ 1 หลอดต่อพลังงานที่ใช้วัดในหน่วยของลูเมนส์ต่อวัตต์ 18

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลชนิดต่างๆ 22

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของขาโมดูล SHT 15 ที่นำมาต่อใช้งาน 43

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดแสง 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆมากมาย และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ยังมีขนาดเล็กและใช้พลังงานน้อยแต่กลับมีความสามารถในการทำงานดีกว่าแบบเดิมๆ โครงการนี้จึงได้เห็นถึงประโยชน์และความสามารถของระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) จึงนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณแสง และเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication Technology) เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมในสถานที่ที่เราต้องการ ซึ่งการตรวจสอบสภาพแวดล้อมนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ขนาดใหญ่เพราะจะสูญเสียค่าใช้จ่ายและสิ้นเปลืองพลังงานมาก เราจึงนำเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัว เข้ามาประยุกต์เป็นตัวตรวจสอบและเก็บผลที่วัดได้ เมื่อเราต้องการทราบข้อมูลระบบจะส่งให้กับผู้ใช้ (user) โดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องเข้ามาเก็บข้อมูลด้วยตัวเองทำให้สามารถประหยัดเวลาและสะดวกสำหรับผู้ใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างระบบตรวจสอบสภาพอากาศแบบไร้สาย

1.2.2 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication Technology)

1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สามารถตรวจสอบสภาพอากาศได้ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณแสง

1.3.2 สามารถส่งข้อมูลที่ตรวจสอบได้มายังผู้ใช้โดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย

1.3.3 สามารถนำระบบสมองกลฝังตัวมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ระบบสามารถตรวจสอบ ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณแสงได้

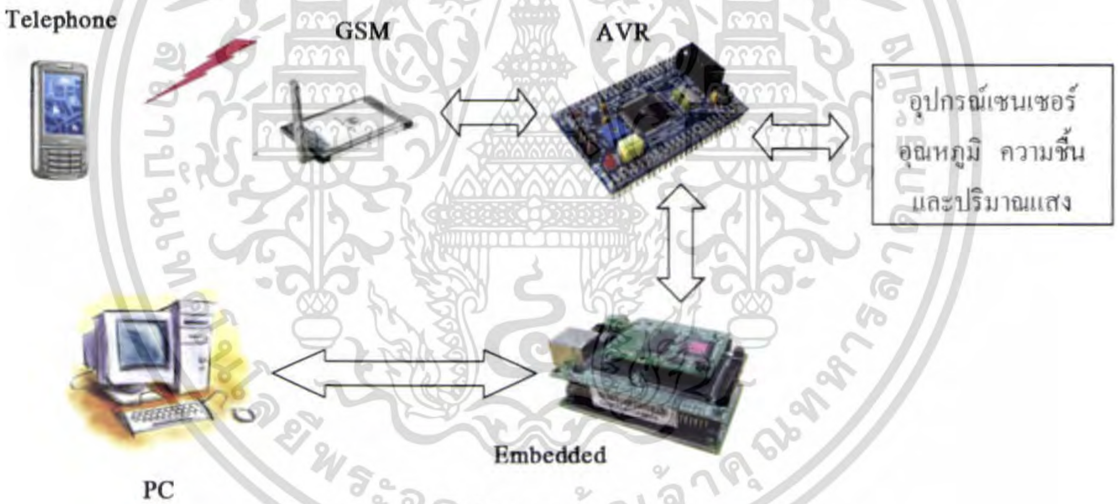
1.4.2 ระบบสามารถส่งข้อมูลที่ตรวจสอบมายังผู้ใช้โดยไม่ต้องเข้าไปในพื้นที่ผ่านทางระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 ผู้ใช้สามารถเข้าถึงระบบและตรวจสอบข้อมูลผ่านทางระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.5 การทำงานโดยรวมของระบบ

จากรูปที่ 1.1 จะแสดงการทำงานโดยรวมของระบบโดยเซ็นเซอร์จะคอยตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณแสง จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์AVRก็จะทำการรับค่าจากตัวเซ็นเซอร์เพื่อคอยตรวจสอบค่าที่วัดได้ว่ามีค่าอุณหภูมิเกินกว่าที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ถ้าเกินระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลโดยผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์มือถือและระบบก็จะทำการตรวจสอบว่ามีการกดสวิทช์เพื่อขอรับข้อมูลหรือไม่ถ้ามีการกดสวิทช์ระบบก็จะส่งข้อมูลไปยังผู้ที่ดูแลได้และข้อมูลที่ตรวจวัดได้นั้นจะถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Embedded Module เพื่อถ้าหากผู้ที่ต้องการทราบข้อมูลต้องการดูข้อมูลสามารถดูได้ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต



รูปที่ 1.1 การทำงานโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว

ระบบการทำงานจะประกอบไปด้วยหลักการดังนี้คือจะนำข้อมูลการวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นและแสงจากอุปกรณ์ตรวจจับความอุณหภูมิชื้นและแสงโดยจะส่งข้อมูลมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งข้อมูลมาเก็บไว้ที่ Embedded System และสามารถส่งข้อมูลมายังผู้ใช้โดยผ่านระบบโทรศัพท์มือถือ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

Embedded System หรือระบบฝังตัวเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์สื่อสารต่างๆในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้มีการเพิ่มหน่วยประมวลผลเข้าไปเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของผลิตภัณฑ์ ให้มีประสิทธิภาพ มีความแตกต่างจากคู่แข่งด้วยการสร้างจุดเด่นให้กับผลิตภัณฑ์ของตัวเอง ระบบ Embedded System นี้ จึงเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากเทคโนโลยีระบบฝังตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับตามความซับซ้อนในการประมวลผลและลักษณะการใช้งานคือ

1. ระบบฝังตัวขนาดเล็กที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่มีการทำงานไม่ซับซ้อนมากนัก
2. ระบบฝังตัวขนาดเล็กที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการทำงานสูงขึ้น
3. ระบบฝังตัวขนาดใหญ่ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีความสามารถในการประมวลผลมากเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความสามาในการประมวลผลมากเป็นพิเศษ

AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) ที่ได้รวบรวมอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานของ CPU ไว้มากมาย อาทิเช่น Analog to Digital , SPI , UART , Timer , Counter , PWM ซึ่งอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานเหล่านี้ทำให้ MCU สามารถทำงานได้กว้างและใช้อุปกรณ์ต่อร่วมจากภายนอกน้อยมาก และสามารถประมวลคำสั่งได้ภายใน 1 clock ซึ่งในส่วนนี้จะนำเสนอข้อมูลที่เป็นการทำงานภายในของ AVR - MCU แนะนำคุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์สถาปัตยกรรมภายในและรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ตำแหน่ง I/O รีจิสเตอร์สถานะและการใช้งาน EEPROM การรีเซตและการอินเตอร์รัพท์ การสื่อสารอนุกรม การเปรียบเทียบสัญญาณอนาลอกและการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล การทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาท์พุตการทำงานของ Timer / Counter & Watch dog และการใช้กลุ่มคำสั่งต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 คุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR AT mega 128

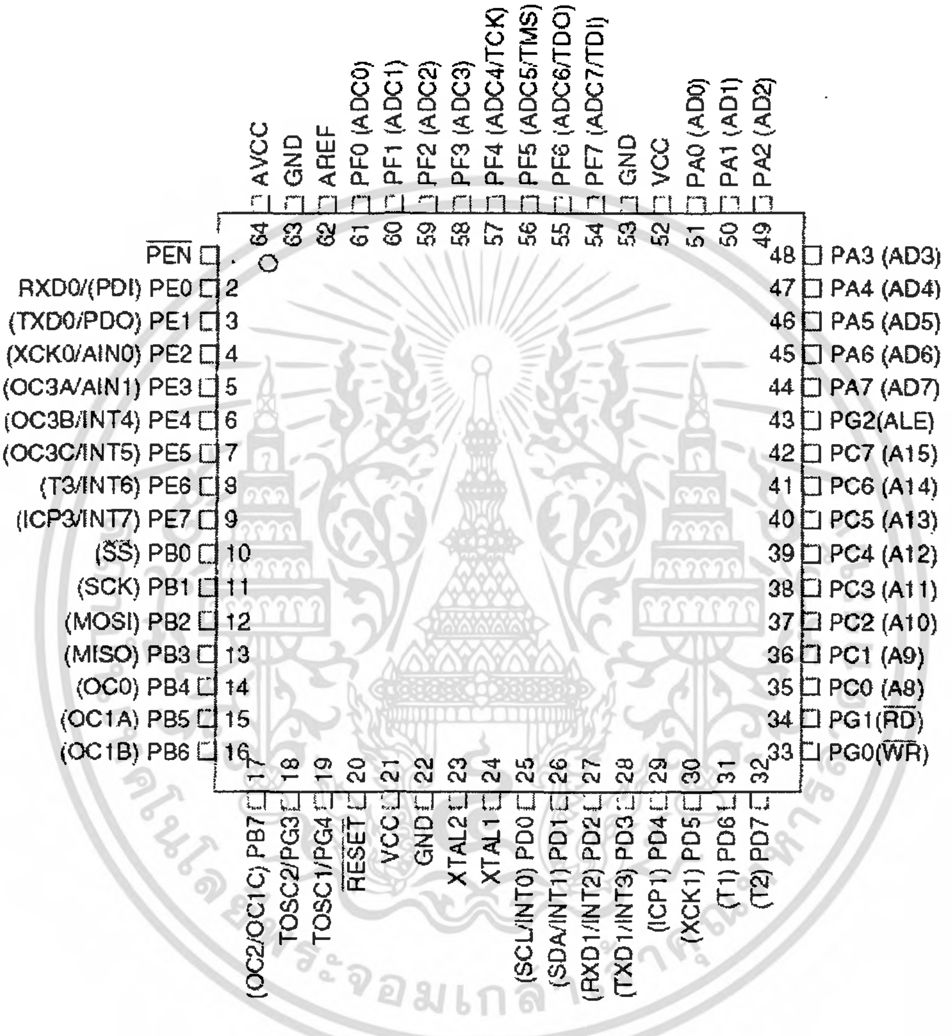
คุณสมบัติ

- สถาปัตยกรรมภายในถูกออกแบบให้ใช้สถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduce Instruction Set Computer) คือ ทำให้การประมวลผลมีความเร็ว 1 คำสั่ง ต่อ 1 Clock หรือ CPU สามารถประมวลคำสั่งได้ 1 MIPS / MHz
- ภายใน MCU มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash ขนาด 128KB หน่วยความจำข้อมูล RAM ขนาด 4 KB , หน่วยความจำข้อมูลถาวรแบบ EEPROM ขนาด 4KB สามารถลบและเขียนซ้ำได้กว่า 10,000 ครั้ง
- กลุ่มรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว
- จำนวน I/O สูงสุดถึง 53 I/O Pins ซึ่งขาสัญญาณ I/O จะมีการใช้งานร่วมกันของFunction อื่น ๆได้
- ใช้แรงดันไฟฟ้า 4.5 - 5.5 V
- ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุด 16 MHz
- TIMER/COUNTER ขนาด 8 บิต 2 CHANNEL
- TIMER/COUNTER ขนาด 16 บิต 2 CHANNEL
- สัญญาณแบบ PWM จำนวน 2 CHANNEL
- ระบบการเปลี่ยนสัญญาณ ANALOG TO DIGITAL ขนาด 10 บิต จำนวน 8 CHANNEL
- ระบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอะซิงโครนัส(UARTs) 2 CHANEL
- ระบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบซิงโครนัส(SPI) 1 CHANEL
- ระบบตรวจจับการทำงานผิดพลาดของ CPU (WATCHDOG TIMER WITH ON-CHIP OSCILATOR)
- ระบบการรีเซตแบบอัตโนมัติเมื่อเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์(Power on reset)
- 6 SLEEP MOD:IDEL ,POWER SAVE , POWER DOWN ,ADC Noise , Reduction , Standby, and Extended standby
- ระบบการป้องกันการ COPY ข้อมูลภายในหน่วยความ(LOCK FOR SOLFWARE SECURITY)
- ระบบการอินเตอร์รัพท์จากภายนอก (EXTERNAL INTERRUPT)
- รองรับการโปรแกรมแบบ SPI และ JTAG
- ทนอุณหภูมิใช้งานระหว่าง -40 ถึง +85°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างภายนอกและตำแหน่งขา

ภายในประกอบด้วยรีจีสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัวซึ่งแต่ละตัวจะต่อเข้ากับALU โดยตรงทำให้การประมวลผลต่อ 1 คำสั่งมีความเร็วกว่า CPU ที่มีสถาปัตยกรรมแบบRISC



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายนอกและตำแหน่งขา

2.1.3 รายละเอียดของขาสัญญาณและการใช้งาน

VCC ขาจ่ายไฟให้กับ CPU และ GND คือ กราวด์

Port A (PA7.PA0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในแยกจากกันซึ่งสามารถรับกระแส SINK 20mA และยังถูกนำไปใช้งานอื่นๆอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Port B (PB7.PB0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในอิสระแยกจากกันซึ่งแต่ละขาสามารถรับกระแส SINK20mA และยังถูกนำไปใช้งานอื่นๆอีก

Port C (PC7.PC0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในอิสระแยกจากกันซึ่งแต่ละขาสามารถรับกระแส SINK20mA และยังถูกนำไปใช้งานอื่นๆอีก

Port D (PD7.PD0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในอิสระแยกจากกันซึ่งแต่ละขาสามารถรับกระแส SINK20mA และยังถูกนำไปใช้งานอื่นๆอีก

Port E (PE7.PE0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในอิสระแยกจากกันซึ่งแต่ละขาสามารถรับกระแส SINK20mA และยังถูกนำไปใช้งานอื่นๆอีก

Port F (PF7.PF0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในอิสระแยกจากกันซึ่งแต่ละขาสามารถรับกระแส SINK20mA โดยพอร์ต F ยังใช้เป็นขาอินพุตเพื่อรับสัญญาณอนาลอกในส่วนของการแปลงสัญญาณ ANALOG TO DIGITAL

Port G (PG4.PG0)

เป็นพอร์ต 2 ทิศทางขนาด 5 บิต โดยสามารถกำหนดให้แต่ละขาของพอร์ตสามารถ PULL UP ภายในอิสระแยกจากกันซึ่งแต่ละขาสามารถรับกระแส SINK 20 mA และยังถูกนำไปใช้งานอื่นๆอีก

Reset ขารีเซตวงจร

XTAL 1 เป็นขาอินพุตของสัญญาณ clock ภายใน

XTAL 2 เป็นขาเอาท์พุตของสัญญาณ clock

AVCC ใช้จ่ายไฟให้กับ Port F และ Analog to Digital Converter

AREF เป็นขาแรงดันอ้างอิงที่ใช้งานในส่วนของวงจร Analog to Digital

AGND เป็นขากราวด์ของวงจร Analog to Digital

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการวัดความชื้นในอากาศ

ระบบควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม การควบคุมความชื้นนั้น ในบางกระบวนการถือว่ามีความจำเป็นอย่างมาก

2.2.1 ทฤษฎีความชื้นในบรรยากาศ

ความชื้นของอากาศ หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศ ได้มาจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ความชื้นในอากาศมี 3 แบบ คือ

1) ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)

2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

3) ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity)

2.2.2 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)

ความชื้นสมบูรณ์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ กับปริมาตรของอากาศนั้น

$$\text{สูตรความชื้นสมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาตรของอากาศ}}$$

โดยมีหน่วยวัดเป็นกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร

2.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นอัตราส่วนของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ต่อจำนวนไอน้ำที่อาจมีได้จนอิ่มตัวเต็มที่ในอากาศเดียวกันนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จึงกำหนดเป็นเรือนร้อยโดยให้จำนวนความชื้นที่อิ่มตัวเต็มที่เป็น 100 ส่วนประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี เว้นแต่บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดินตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไป ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชัดเจนในฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่

ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงต่ำสุดในรอบปี ในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 72-74 เปอร์เซ็นต์ และจะลดลงเหลือ 62-69 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฤดูร้อนเดียวกัน

$$\text{Relative Humidity} = \frac{\text{Absolute Humidity}}{\text{ความชื้นมากที่สุดที่อากาศจะรับได้ในอุณหภูมิ}} \times 100$$

2.2.4 ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity)

เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักไอน้ำในอากาศในขณะนั้น เป็นกรัมต่อน้ำหนักอากาศ 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ความชื้นจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักไอน้ำในอากาศขณะนั้นเป็น}}{\text{น้ำหนักของอากาศ(รวมไอน้ำ 1 ก.ก.)}}$$

ความชื้นจำเพาะของอากาศจะคงที่เสมอ แม้อุณหภูมิหรือปริมาตรของอากาศเปลี่ยนไป จึงมีประโยชน์ ในการอธิบายลักษณะความชื้นในอากาศของมวลอากาศบนพื้นโลก เช่น อากาศแถบขั้วโลกเหนือจะมีความชื้นจำเพาะ 0.2 กรัมต่ออากาศ 1 กิโลกรัม

เมื่อความชื้นในอากาศมาก หมายถึง ในอากาศมีไอน้ำมากสามารถรับไอน้ำได้อีกเล็กน้อยเท่านั้น อากาศก็จะอิ่มตัว ซึ่งจะทำให้น้ำจากที่ต่าง ๆ ระเหยได้น้อย รวมทั้งตัวเราด้วย(เหงื่อ) ทำให้รู้สึกอึดอัดและเหนียวตัว ผ้าแห้งช้า โดยจะตรงข้ามกับอากาศแห้ง

2.2.5 หลักการวัดความชื้นในอากาศ

การวัดความชื้นในอากาศ เป็นการวัดหาปริมาณไอน้ำที่ปนอยู่ในอากาศซึ่งหลักการโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. เซนเซอร์ตรวจจับความชื้น (Humidity Sensor)
2. ส่วนปรับแต่งสัญญาณ (Humidity Transmitter)
3. ส่วนแสดงผล (Display)

รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของการวัดความชื้น

เซ็นเซอร์ตรวจจับความชื้น (Humidity Sensor) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับความชื้นแล้วแปลงให้อยู่ในรูปของ ความต้านทาน หรือค่าความจุไฟฟ้า หรือสัญญาณในรูปอื่น ๆ เพื่อที่จะนำสัญญาณเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมต่อไป

ส่วนปรับแต่งสัญญาณ (Humidity Transmitter) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณในรูปของความชื้น ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า

ส่วนแสดงผล (Display) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผลการทำงาน เช่น LED หรือจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีการตรวจวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมและโมเลกุลของวัตถุ แต่ความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งซึ่งไม่ได้เป็นคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุนั้น ๆ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลเกิดการสั่นไหวเคลื่อนที่ได้เร็วยิ่งขึ้น พลังงานจลน์ของมันก็จะมากขึ้นตามด้วยวัตถุนั้นก็จะร้อนขึ้นและมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยผลของความร้อนประการหนึ่งที่เห็นชัดเจนก็คือ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่เข้าสู่วัตถุใด ๆ ก็ตามจะทำให้อุณหภูมิของวัตถุนั้นสูงขึ้น

หน่วยวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กัน คือ ฟาเรนไฮต์ ซึ่งถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ Gabriel Fahrenheit มีจุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

เซลเซียส ถูกคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อ Ander Celsius มีจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 0 องศาเซลเซียส และมีจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดอุณหภูมิแบบฟาเรนไฮต์และแบบเซลเซียสซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$T^0F = \frac{9}{5}(^0C + 32) \quad (2.1)$$

$$T^0C = \frac{5}{9}(^0F + 32) \quad (2.2)$$

อุณหภูมิสัมบรูณ์ (Absolute Temperature) ถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวสก็อตแลนด์ ชื่อ William Thomson Lord Kelvin โดยขนาดองศาศูนย์ที่ สัมบูรณ์นั้นจะเห็นอุณหภูมิต่ำสุดที่เป็นไปได้ ณ อุณหภูมินี้ทุก ๆ โมเลกุลของสารจะหยุดนิ่งหมด ศูนย์สัมบูรณ์จะมีค่าเท่ากับ 273.15^0 C

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมินั้นมีหลายชนิดด้วยกัน โดยอุปกรณ์แต่ชนิดจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสารคือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้เมื่ออุณหภูมิที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปและการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่และแน่นอนและต้องพิสูจน์ได้ ซึ่งหลักการที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกล เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่
2. อาศัยการเปลี่ยนแปลงความดันก๊าซหรือไอ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบความดัน
3. อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น เทอร์โมคัปเปิล อาร์ทีดี เทอร์มิสเตอร์
4. อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางแสงหรือการแผ่รังสี เช่น ไพโรมิเตอร์
5. อาศัยหลักการโดยวิธีทางเคมี เช่น ใช้วิธีการเปลี่ยนสีของอุปกรณ์การตรวจจับ

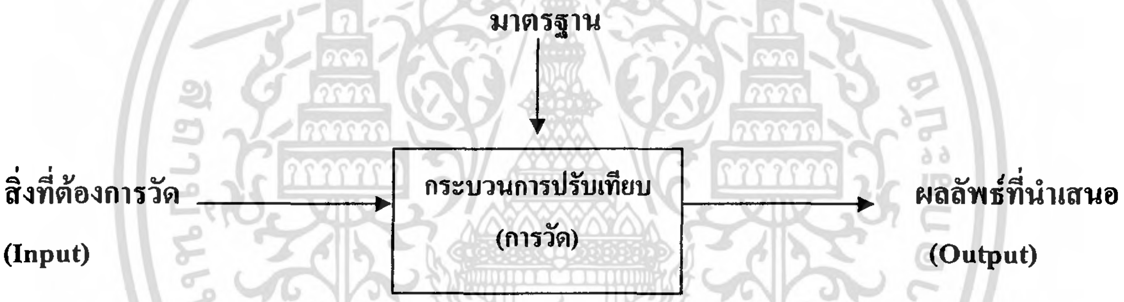
จากหลักการในการตรวจจับอุณหภูมิในหลาย ๆ วิธีดังกล่าว การตรวจจับอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าถูกนิยมนำมาใช้กันมากที่สุด เพราะสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์เหล่านี้สามารถนำไปต่อร่วมกับวงจรไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการแสดงผลในเชิงตัวเลขหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมกระบวนการที่ต้องการ ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวเพียงกลุ่มของอุปกรณ์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นสำคัญ

2.3.1 การวัดอุณหภูมิ

เป็นพื้นฐานสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกสาขาการวัดที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในความเป็นจริงแล้วได้มีการพัฒนารูปแบบและหลักการของการวัดขึ้นมาจากอดีตพร้อม ๆ กับวิวัฒนาการของมนุษย์ที่มีการค้นพบหรือศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เพื่อใช้ในการดัดแปลงหรือควบคุมธรรมชาติให้เอื้ออำนวยต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์รวมถึงกระบวนการควบคุมการผลิตในงานอุตสาหกรรมสิ่งเหล่านี้ไม่ว่าจะมองในแง่คุณภาพหรือปริมาณหรือความสะดวกปลอดภัยจำเป็นที่จะต้องอาศัยการวัดที่ละเอียดและที่ถูกต้องเป็นพื้นฐานไม่ว่ากระบวนการที่ได้กล่าวนั้นจะง่ายหรือสลับซับซ้อนเพียงใดก็ตามดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการวัดอุณหภูมิ

2.3.2 ชนิดและวิธีการวัดอุณหภูมิ

แม้ในการวัดทุกชนิดที่สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่าที่ต้องการวัดกับมาตรฐานที่ได้มีนิยามไว้แต่ก็มีหลายวิธีของการกระทำการเปรียบเทียบดังกล่าวเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าที่ต้องการจากการวัดนอกจากนั้นแล้วการที่เรานิยามคำที่เกี่ยวกับวิธีทำการวัดจะช่วยให้เราสามารถสื่อสารแนวคิดโดยใช้คำที่ยอมรับกันโดยทั่วไปซึ่งการวัดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) การวัดโดยตรง (Direct Comparison)

เป็นวิธีการที่เราได้ค่าการวัดโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณเพิ่มเติมเพียงแต่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่ต้องการวัดกับปริมาณอื่นที่เราต้องการวัดจริง ค่าที่ต้องการก็จะได้ทันทีในรูปของข้อมูลเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวัดโดยทางอ้อม (Indirect Comparison)

เป็นการวัดที่เราจะได้ค่าโดยผ่านตัวกลางที่มีหน่วยแตกต่างกันออกไปซึ่งเชื่อมต่อกันในบางลักษณะเช่น วิธีการวัดระยะโดยใช้การเคลื่อนที่ของพัลซ์เป็นวิธีทางอ้อมเนื่องจากต้องมีการคำนวณหาระยะทางจากความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพัลส์กับการเคลื่อนที่ซึ่งมีข้อสังเกตอยู่เกี่ยวกับการวัดทางอ้อมก็คือผลลัพธ์สุดท้ายนั้นจะได้มาจากผลของการวัดโดยตรงหลาย ๆ ปริมาณ

2.3.3 ระบบการวัดโดยทั่วไป

ในงานอุตสาหกรรมจะใช้วิธีการวัดทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่และมักจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ส่วนที่ใช้ในการตรวจจับและเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงาน
2. ส่วนที่ใช้กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณ
3. ส่วนที่ใช้ในการนำเสนอดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ระบบการวัดโดยทั่วไป

1) ภาคอุปกรณ์ตรวจจับและการเปลี่ยนแปลงรูปของพลังงาน

ส่วนนี้เป็นส่วนแรกของระบบการวัดโดยทั่ว ๆ ไปซึ่งมีหน้าที่วัดคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ของสิ่งที่ต้องการตรวจวัดจากนั้นจึงเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของพลังงานหรือสัญญาณที่ส่วนอื่นต่อไปซึ่งในที่นี้ก็คือ ส่วนที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณสามารถตอบสนองได้ตัวอย่าง เช่น เทอร์โมคัปเปิล ถือว่าเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้อยู่ในรูปพลังงานทางไฟฟ้า เป็นต้น

2) ภาคอุปกรณ์กำหนดเงื่อนไขสัญญาณ

ข้อมูลหรือสัญญาณจากส่วนแรกจะถูกส่งมาที่ส่วนนี้เพื่อทำการปรับปรุงและกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณก่อนส่งไปให้ภาคต่อไป การปรับปรุงและกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณเป็นอย่างไร เช่น หากสัญญาณที่มาจากส่วนแรกมีสัญญาณรบกวนหรือสัญญาณมีระดับต่ำเกินไปก็จะทำหน้าที่ของส่วนนี้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนหรือทำการขยายสัญญาณให้มีระดับสูงขึ้น หากสัญญาณที่ระดับต่ำเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ภาคเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

เป็นภาคที่มีความสำคัญ และเป็นส่วนแรกของระบบการวัดเซนเซอร์ และทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับหรือวัดค่าคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่นความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดับ การไหล เป็นต้น จากนั้นจึงเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของ ข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณเซนเซอร์ จะใช้กับอุปกรณ์ที่สามารถสร้างสัญญาณที่มีความสัมพันธ์ กับ ค่าหรือปริมาณสิ่งที่ต้องการตรวจวัดอาจเป็นสัญญาณชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ ส่วนทรานสดิวเซอร์ก็คือเซนเซอร์นั่นเอง

แต่อย่างไรก็ตาม ในระบบการวัดอาจใช้รานสมิตเตอร์เพิ่มเข้าไปในเซนเซอร์เพื่อทำการที่จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพลังงานให้ บรรลุวัตถุประสงค์ตามต้องการ เพราะฉะนั้นเซนเซอร์ก็คือ ทรานสมิตเตอร์ถือว่าไม่ผิดแต่ประการใด

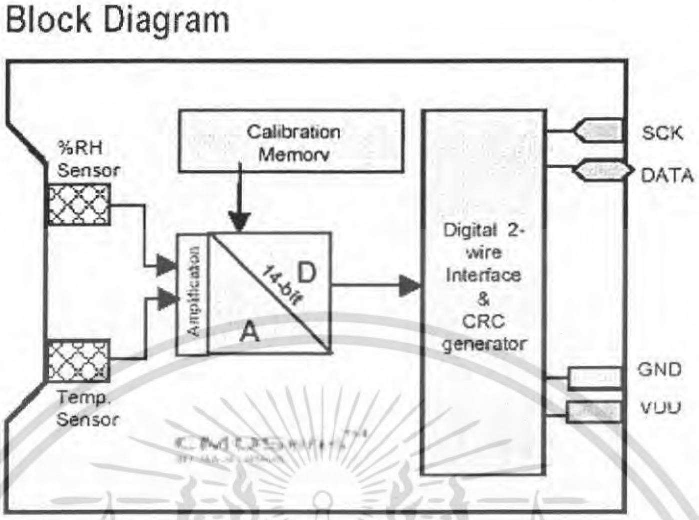
2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ SHT 15

เป็นโมดูลวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ มีขนาดเล็กเพื่อความสะดวกในการใช้งานมี 8 ขา ส่วนคุณสมบัติทางเทคนิคมีดังนี้

- ทำหน้าที่เป็นทั้งวัดความชื้นและอุณหภูมิภายในตัวเดียวกัน
- สามารถกำหนดลายละเอียดของย่านการวัดได้
- มีขนาดเล็กและกินพลังงานต่ำ
- ทำงานในย่านแรงดันไฟเลี้ยง +2.4 ถึง +5.5 V
- เสถียรภาพในการทำงานสูง

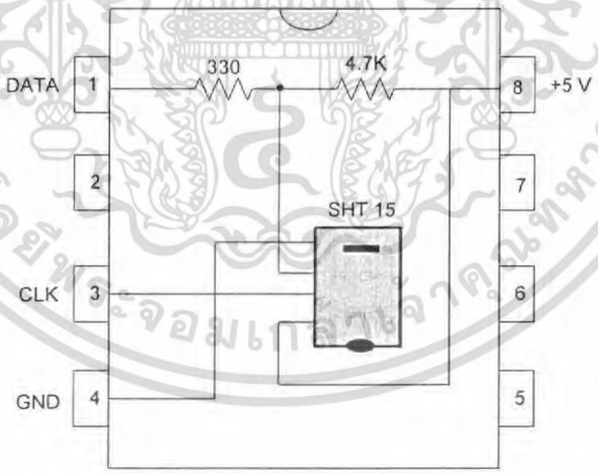
หัววัดแบบดิจิตอลความละเอียดสูงใช้หัววัด SHT15 วัดอุณหภูมิตั้งแต่ -40 ถึง 120 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.1 องศา และวัดความชื้นตั้งแต่ 10 ถึง 90 % ความละเอียด 0.1 % (สามารถแสดงค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 99 %) ใช้วัดในบรรยากาศ เน้นการวัดระยะไกลโดยผ่านการสื่อสาร RS485 สามารถต่อพ่วงกันเป็น Network ได้อย่างสะดวก ตั้ง Address ต่างกันได้ถึง 31 Node ด้วย Dip-Switch ตัวบอร์ดมีขนาดเล็ก หัววัดสามารถต่อได้ไกลถึง 100 เมตร ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยเฉพาะการวัดหลาย ๆ จุด และระยะไกลหัววัด SHT15 สามารถต่อได้ไกลถึง 100 เมตร สามารถตั้งความเร็วการสื่อสารได้ 2 ระดับ คือ 9600 และ 19200 bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของโมดูล SHT 15

2.4.1 ขาสัญญาณสำหรับสื่อสารข้อมูลของโมดูล SHT 15



รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของโมดูล SHT 15

ขาสัญญาณนาฬิกา (SCK) ทำหน้าที่รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อกำหนดจังหวะในการสื่อสารข้อมูล **ขาสัญญาณรับส่งข้อมูล (DATA)** เป็นขาสัญญาณสำหรับ รับ/ส่งข้อมูลในการใช้งานควรต่อตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม พลูอัพที่ขานี้

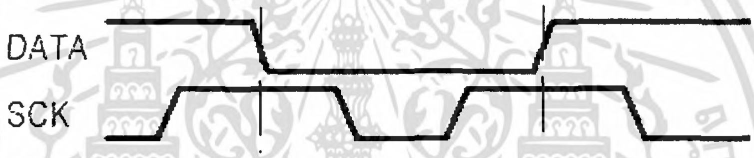
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของขาโมดูล SHT 15 ที่นำมาต่อใช้งาน

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data, bidirectional
3	SCK	Serial clock, clock
4	VDD	Supply 2.4-5.5V
	NC	Remain pins must be left unconnected

2.4.2 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของ SHT15

1) การส่งคำสั่ง



รูปที่ 2.7 สภาวะการส่งผ่านข้อมูล

ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission start หรือภาวะเริ่มส่งสัญญาณนั้นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก “0” นานอย่างน้อย 1 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนี้ SHT15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลต่อจากนี้คือคำสั่ง

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลของคำสั่ง

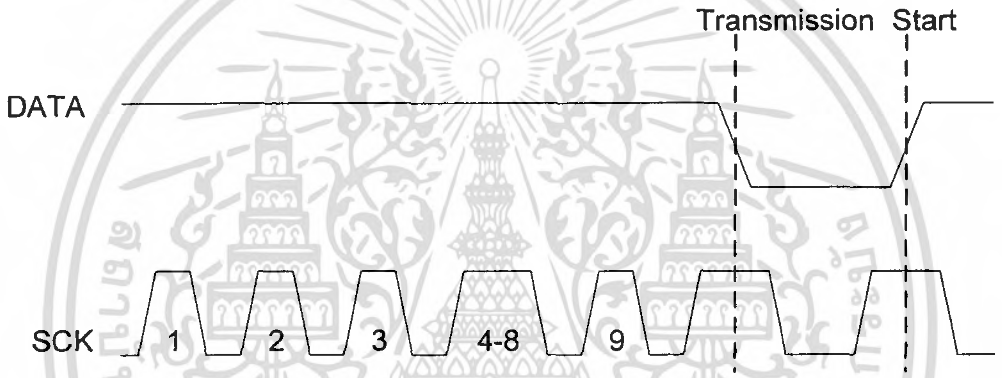
คำสั่ง	**ข้อมูลคำสั่ง**
สงวนไว้	0000x
อ่านค่าอุณหภูมิ	00011
อ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์	00101
อ่านค่ารีจิสเตอร์กำหนดสถานะ	00111
สงวนไว้	0101x ถึง 1110x
รีเซตการทำงาน	11110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากสร้างเงื่อนไข Transmission start แล้ว สามารถส่งคำสั่งไปยัง SHT15 เพื่อกำหนดการทำงานได้ทันที

2) การรีเซตการเชื่อมต่อ

เมื่อต้องการเริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูล SHT15 ต้องสร้างสัญญาณรีเซตขึ้นก่อน โดยทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก “1” นานเท่ากับช่วงเวลาที่ป้อนสัญญาณนาฬิกาที่ขา SCK 9 ลูกติดต่อกัน แล้วตามด้วยการสร้างสภาวะเริ่มต้นของการส่งสัญญาณ



รูปที่ 2.8 สภาวะการรีเซต

2.4.3 ขั้นตอนการอ่านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์นั้น ทำได้ภายหลังจากสร้างสภาวะเริ่มต้นที่เรียกว่า Transmission start แล้วตามด้วยการส่งข้อมูลคำสั่งอ่านอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อย่างใดอย่างหนึ่งไปยัง SHT15 โมดูล SHT15 ต้องใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าเวลาที่โมดูล SHT15 ต้องใช้ในการประมวลผลข้อมูล

ความละเอียดของข้อมูลที่ประมวลผล	เวลาที่โมดูล SHT15 ใช้ประมวลผล ± 15 %
14 บิต	210 มิลลิวินาที
12 บิต	55 มิลลิวินาที
8 บิต	11 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 คำนวณค่าอุณหภูมิ

ในการอ่านค่าอุณหภูมิจากโมดูล SHT15 ผู้พัฒนาสามารถเลือกความละเอียดในการอ่านได้ในแบบ 14 บิตหรือ 12 บิตโดยที่ความละเอียด 14 บิตเป็นค่าตั้งต้น โดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิออกมา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT15 ดังนี้

$$Temperature = d1 + (d2 \times SO_T) \quad (2.3)$$

โดยที่ Temperature คือค่าอุณหภูมิจริง

d1 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับไฟเลี้ยงที่ป้อนให้กับขา V_{DD} ของ SHT15 ดูรายละเอียดในตารางที่ 2.4

d2 คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของอุณหภูมิที่ต้องการจาก SHT15 ดูในตารางที่ 2.4

SO_T คือค่าอุณหภูมิดิบที่อ่านได้จากโมดูล SHT15

ตารางที่ 2.4 การกำหนดค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1 และ 2 เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้

ไฟเลี้ยง	ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 1(d1)	
	ในหน่วย °C	ในหน่วย °F
+5V	-40.00	-40.00
+4V	-39.75	-39.50
+3.5V	-39.66	-39.35
+3V	-39.60	-39.28
+2.5V	-39.55	-39.23

ความละเอียด	ค่าคงที่ทางอุณหภูมิตัวที่ 2 (d2)	
	ในหน่วย °C	ในหน่วย ° F
14 บิต	0.01	0.018
12 บิต	0.04	0.072

2.4.5 คำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการอ่านค่าความชื้นสัมพัทธ์จากโมดูล SHT15 สามารถเลือกความละเอียดในการอ่านในแบบ 12 บิต หรือ 8 บิต โดยที่ความละเอียด 12 บิตเป็นค่าตั้งต้นหลักโดยที่ผู้พัฒนาจำเป็นจะต้องอ่านข้อมูลดิบจากโมดูล SHT15 เข้ามาก่อน จากนั้นจึงใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ออกมา โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่กำหนดมาจาก Sensirion ผู้ผลิตโมดูล SHT15 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$RH_{true} = (T - 25) \times [t1 + (t2 \times SO_{RH})] + RH_{linear} \quad (2.4)$$

$$RH_{linear} = c1 + (c2 \times SO_{RH}) + [c3 \times (SO_{RH})]^2 \quad (2.5)$$

โดยที่

RH_{true} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์จริง

T คือ ค่าอุณหภูมิจริงที่คำนวณได้

t1 และ t2 คือ ค่าคงที่โดยขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจาก SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตาราง

c1, c2 และc3 คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องการจากโมดูล SHT15 ดูรายละเอียดการกำหนดค่าจากตาราง

SO_{RH} คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ดิบที่อ่านได้จาก SHT15

ตารางที่ 2.5 การกำหนดค่าคงที่ใช้ในการคำนวณค่าความชื้นสัมพัทธ์จริงที่วัดได้

ความละเอียด	ค่าคงที่	
	t1	t1
12 บิต	0.01	0.00008
8 บิต	0.01	0.00128

ความละเอียด	ค่าคงที่		
	c1	c2	c3
12 บิต	-4	0.0405	-2.8×10^{-6}
8 บิต	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

2.5 หลักการวัดแสง

แสงที่มองเห็นมีความยาวคลื่น 380-700 นาโนเมตร

ลูมิเนียสฟลักซ์ (luminious flux) คือ อัตราการไหลของพลังงานแสงสว่างวัดได้ในหน่วย ลูเมนส์ (lumens)

1 ลูเมนส์ของลูมิเนียสฟลักซ์ที่แสงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร จะให้พลังงาน 3.5 วัตต์

อัตราความสว่าง (illumination) คือ อัตราส่วนระหว่างลูมิเนียสฟลักซ์ต่อพื้นที่ที่วัดได้ใน หน่วย ลักซ์(Lux)

1 ลักซ์ = 1 ลูเมนส์ต่อตารางเมตร

ในอเมริกาจะมีหน่วยวัดความสว่างว่าแรงเทียน(foot-candle) มีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนส์ต่อตารางฟุต เท่ากับ 10.70 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83093

ตารางที่ 2.6 ความสว่างของแสงในสถานที่ต่างๆ

สถานที่ / อุปกรณ์	ความสว่างของแสง(ลักซ์)
ไฟฉุกเฉิน	0.2
คลังพัสดุ	1-10
ที่จอดรถ , ที่ทำงานปกติ	10-50
สถานกีฬา	50-100
โรงงานอุตสาหกรรม	300
สำนักงานทั่วไป	400-500
ห้องเขียนแบบ,พื้นที่ตรวจสอบผลิตภัณฑ์	750
สนามกีฬาที่มีการถ่ายทอดโทรทัศน์	500-1000

ประสิทธิภาพของการส่องสว่าง เป็นการวัดปริมาณแสงที่ได้จากหลอดไฟ 1 หลอดต่อพลังงานที่ใช้ไปวัดหน่วยของลูเมนส์ต่อวัตต์

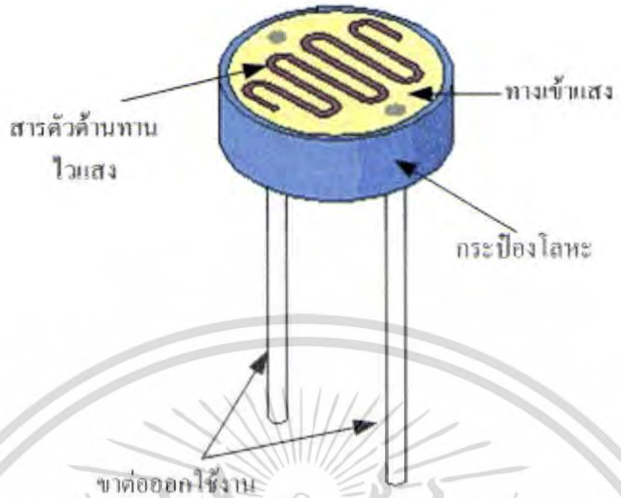
ตารางที่ 2.7 ปริมาณแสงที่ได้จากหลอดไฟ 1 หลอดต่อพลังงานที่ใช้วัดในหน่วยของลูเมนส์ต่อวัตต์

ชนิดของหลอด	ค่าประสิทธิภาพ(ลูเมนส์ต่อวัตต์)
หลอดไฟไส้ธรรมดา(GLS)	10-20
หลอดสเตนฮาโลเจน	12-22
หลอดปรอทความดันสูง(MBF)	32-56
หลอดฟลูออเรสเซนต์	68-80
หลอดโซเดียมความดันสูง(SON)	55-120
หลอดโซเดียมความดันต่ำ(SOX)	70-125

2.5.1 LDR ตัวต้านทานไวแสง

ตัว LDR ว่าที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโต้คอนดักตีฟเซล (photoconductive cell) หรือ ตัวต้านทานไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือไม่ก็แคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำเอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



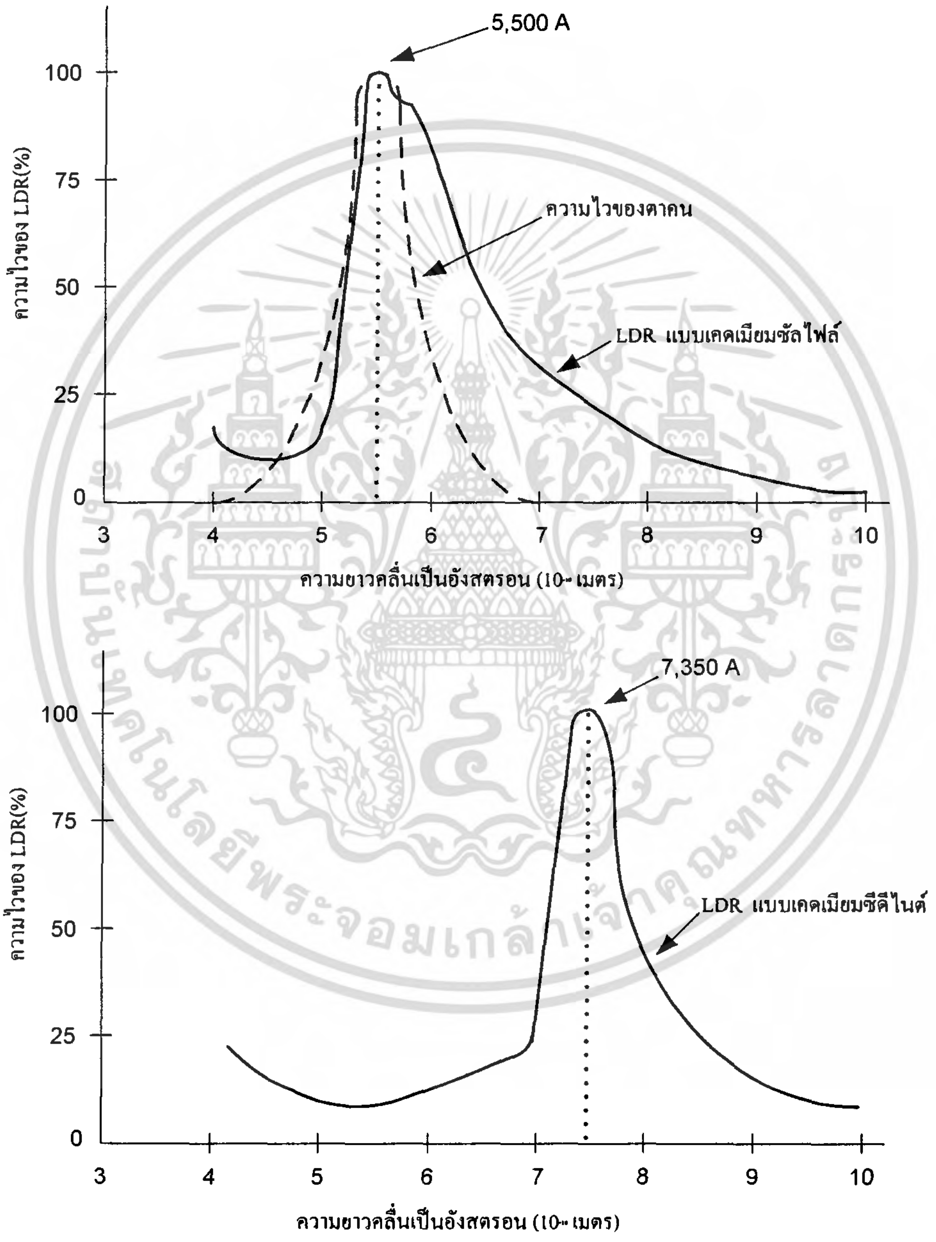
รูปที่ 2.9 โครงสร้าง LDR

รูปร่างของLDR จะเห็นได้ในรูปที่ 2.9 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆสีดำทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และ แนวสีดำ นั้นจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสงเป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอกหรือเรียกว่าอิเล็กโทรดที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิกและอุปกรณ์สำหรับห่อหุ้มมันซึ่งมีได้หลายแบบ

คุณสมบัติทางแสง การทำงานของ LDR ก็ง่ายๆ เพราะว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลามีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งการที่มีโฮล กับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับความต้านทานลดลงนั่นเองยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบนั้นมิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10^{-10} เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็เป็นช่วงคลื่นเพียงแคบๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสงประเภทอื่นๆ แต่ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์แสงจากหลอดไฟแบบไส้และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วยหรือ ถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่นที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้วก็มีอยู่หลาย ความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียวไปจนถึงสีเหลืองสำหรับบางตัวแล้วความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

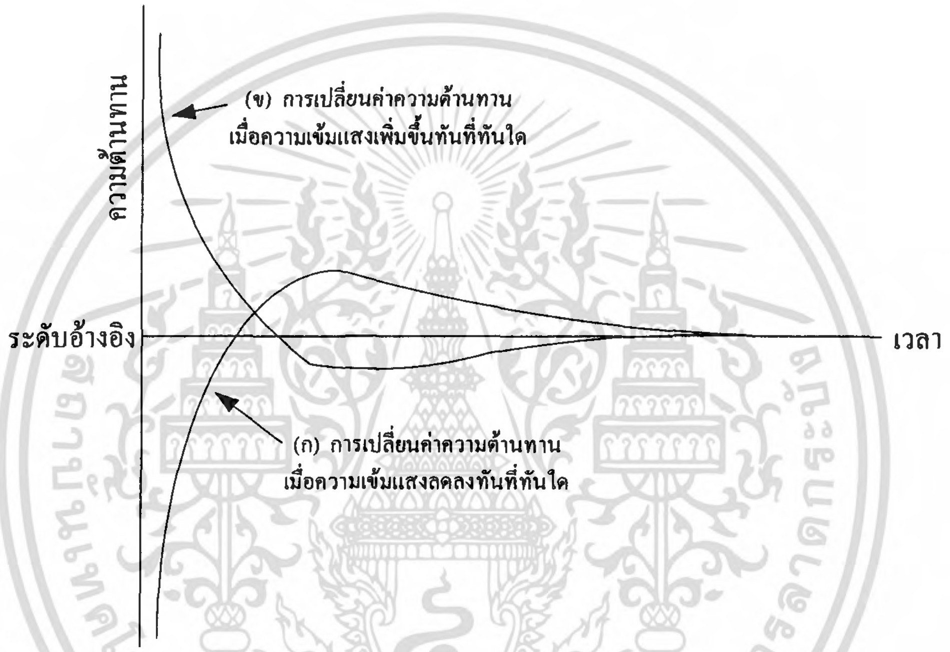
ที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความยาวคลื่น ประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจาก แคดเมียมซีลิไนด์ก็จะไวต่อความยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่าอังสตรอม ซึ่งไปอยู่ในช่วงอินฟราเรดแล้ว



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความไวต่อแสงความถี่ต่าง ๆ ของ LDR ทั้ง 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลตอบสนองทางไฟฟ้า อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีแสงกับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 MΩ ขึ้นไป ในที่มืดสนิทอาจขึ้นไปได้มากกว่า 2 MΩ และ ในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ 10 - 20kΩ ลง ไป อาจจะเหลือเพียงไม่กี่โอห์ม หรือไม่ถึงโอห์มก็ได้ ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และกำลังสูญเสียอย่างต่ำประมาณ 50 mW



รูปที่ 2.11 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่างๆเหล่านี้แล้วยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญคือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความ เข้มแสดงเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันซึ่งจะดูตัวอย่างได้ในรูปที่ 2.11 ถ้า LDR ได้รับแสงที่มีความเข้มสูงดังเส้นความต้านทานจะมีค่าต่ำและ ในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิงความต้านทานก็จะค่อยๆเพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทานที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิง แต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิงมันกลับเพิ่มเลยขึ้นไปอีกแล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับอ้างอิงเหมือนกับว่าเบรกมันไม่ค่อยดีและ ในทำนองเดียวกันถ้าเก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อยๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับอ้างอิงทันทีความต้านทานก็จะลดเลยต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มของแสงเท่ากัน LDR แบบแคดเมียมซีนิไนด์จะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่าแบบแคดเมียมซัลไฟต์แต่ก็จะวิ่งเลยไปไกลกว่าด้วยและอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างหนึ่ง ความเร็วในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งช้ามาก ซึ่งจะอยู่ในช่วงของมิลลิวินาทีหรือบางทีก็เป็นวินาทีเลยจึงทำให้ LDR ใช้ได้กับงานความถี่ต่ำๆ เท่านั้น

2.5.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter)

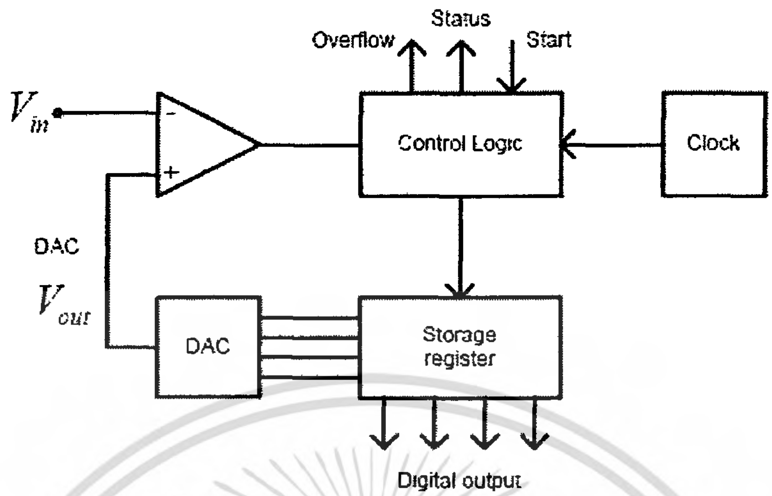
ADC เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้ค่าเอาต์พุตที่เป็นรหัสเลขไบนารีตามข้อมูลสัญญาณอนาล็อกที่เป็นอินพุตของ ADC ชนิดของ ADC มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ดังตารางซึ่งแสดงการเปรียบเทียบ ADC แบบต่างๆ

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลชนิดต่างๆ

ชนิด	ความเร็วในการทำงาน	ราคา	หมายเหตุ
Tracking	ช้าสุด	ต่ำ	อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณของสัญญาณอินพุตจะต้องต่ำ และสามารถให้ค่าเอาท์พุตได้ตลอดเวลา
Counter ramp	ช้า	ต่ำ	ต้องการระดับอินพุตคงที่
Single ramp	ช้า	ต่ำ	ไม่เสถียรต่อต่ออุณหภูมิและเวลา
Dual ramp	ช้า	ปานกลาง	
Successive Approximation	เร็ว	ปานกลาง	ต้องการระดับอินพุตคงที่
Parllel , "Flash"	เร็วสุด	สูง	ให้ค่าเอาต์พุตได้ตลอดเวลา

ใน ATMEGA 128 มีโมดูลการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ Port F จำนวน 8 ช่อง ความละเอียด 10 บิต โดยใช้หลักการการแปลงแบบ successive approximate ซึ่งโดยทั่วไปการแปลงสัญญาณADC แบบ Successive Approximation เป็นแบบที่นิยมใช้เพราะความละเอียดและความเร็วในการแปลงข้อมูล แต่มีราคาค่อนข้างแพง ADC แบบ Successive Approximation ประกอบด้วย Comparator, DAC และLogic control, และ Storage Register ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แผนภูมิการทำงานของ ADC แบบ Successive Approximation

การทำงานของ ADC แบบ Successive Approximation จะเริ่มต้นทำงานโดยกำหนดบิตทุกตัว จำนวน *n* บิตให้มีค่าเป็นศูนย์, **b** = [0, 0,0,K,0] โดยที่ Logic control จะเริ่มการทำงานที่ MSB, กระบวนการทดสอบของสัญญาณอนาล็อกอินพุต (ผ่าน DAC) จะทำงานเพื่อที่จะกำหนดค่าว่าบิตที่ทดสอบจะมีระดับลอจิกเป็น “0” หรือ “1” หลังการทดสอบทุกบิตกับค่าอินพุตอนาล็อก Storage register จะเก็บค่าเอาท์พุตในรูปแบบ [ ] 1 2 3 , , , ,*B* **b** = *b b b* K *b* เพื่อแทนระดับสัญญาณอินพุตอนาล็อก ทำให้สามารถเก็บค่าข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลภายหลังได้

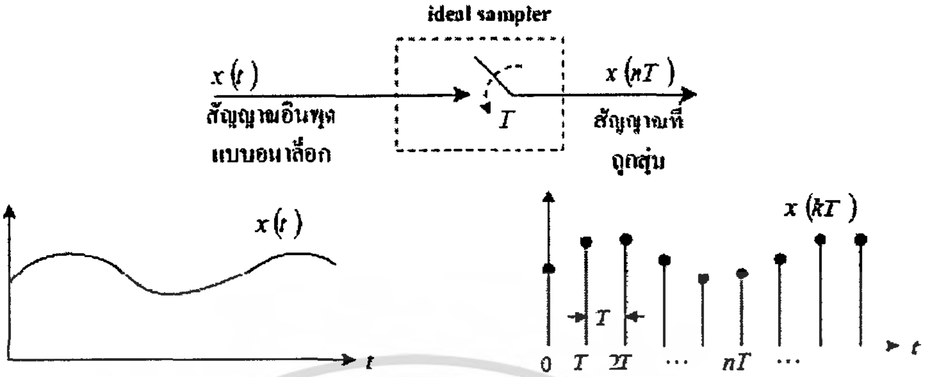
ทฤษฎีการสุ่มสัญญาณ

แสดงส่วนประกอบในการสุ่มสัญญาณของสัญญาณอนาล็อก โดยที่สัญญาณอินพุตแบบอนาล็อก, *T*, จะถูกทำการวัดค่าทุกๆ *T*sec ดังนั้นเวลาที่เกิดขึ้นของสัญญาณที่ได้จากการสุ่มสัญญาณจะเป็นไปแบบไม่ต่อเนื่อง

$$T = kT \qquad (2.6)$$

เมื่อ $k = 0, 1, 2,$ K (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



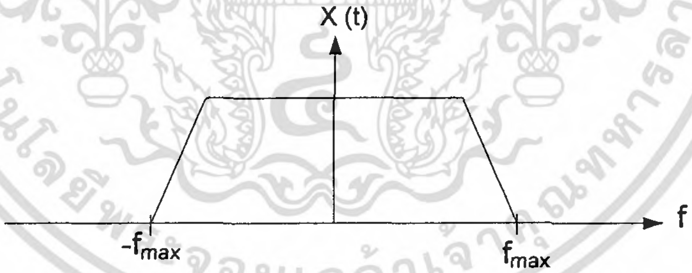
รูปที่ 2.13 การสุ่มสัญญาณ

สำหรับการสุ่มสัญญาณจะมีปัญหาที่จะต้องพิจารณาอยู่ 2 ประการคือ

1) การสุ่มสัญญาณจะส่งอะไรต่อ original frequency spectrum

2) จะเลือกค่าความอัตราการสุ่มสัญญาณเป็นเท่าไหร่

สัญญาณอนาล็อก , $x(t)$, มีช่วง Band limit ดังนั้น Frequency Spectrum จะเป็นส่วนที่กำหนดและแสดงค่าความถี่สูงสุด, $f$max , และสัญญาณอนาล็อกจะไม่มีความถี่ที่มากกว่านี้ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สเปกตรัมความถี่

ความถี่ที่ใช้ในการสุ่มสัญญาณของสัญญาณอนาล็อก จะมีค่าที่มากกว่า 2 เท่าของ $f$max นั่นคือ $fs = 2f$max

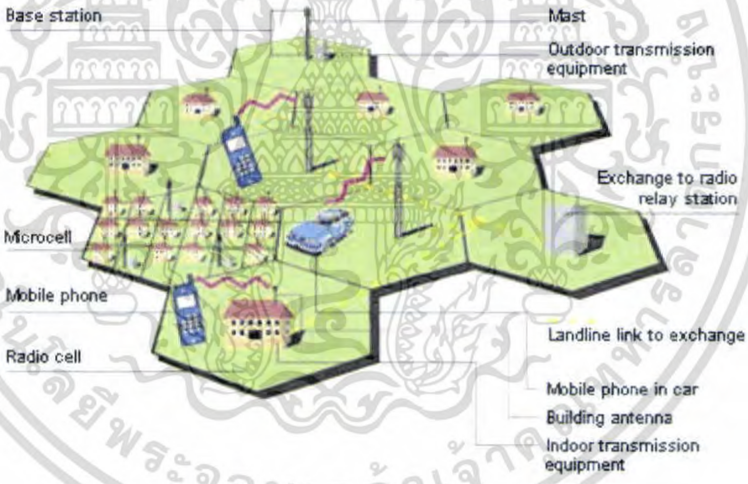
ค่าความถี่สำหรับการสุ่มสัญญาณของสัญญาณที่กำหนด จะเรียกว่า “Nyquist Rate” หรือสามารถที่จะเรียกว่า Nyquist Frequency หรือ Folding Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Global System for Mobile Communications (GSM)

GSM ถูกแนะนำให้รู้จักครั้งแรกในปี 1991 หลังจากนั้นในปี 1997 บริการ GSM ก็มีให้ใช้ในกว่าร้อยประเทศโดยระบบนี้กลายเป็นมาตรฐานทั้งในยุโรปและเอเชีย

เครือข่าย GSM เป็นระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูล่าร์(Digital Cellular) หมายถึง โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ติดต่อกับเครือข่ายซึ่งจำแนกพื้นที่การใช้งาน โดยแบ่งเป็นเซลล์ (Cell)ถ้าจะเปรียบเทียบลักษณะการใช้งานกับระบบอนาลอกเซลลูลาร์(AnalogCellular)แล้วมีข้อดีกว่ามาก เช่น ความปลอดภัยจากการดักฟัง ให้บริการหลายอย่าง ซึ่งรวมถึงบริการข้อความสั้น (SMS), การตั้งค่าผ่านอากาศ (OTA) และการระบุตำแหน่ง GSM ระบบนี้จึงเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับการโทรทั่วโลก โทรศัพท์ GSM รุ่นใหม่หลายเครื่อง ถูกเรียกว่า "โทรศัพท์ทั่วโลก" เนื่องจากโทรศัพท์เหล่านี้เสมือนว่าสามารถใช้ได้ในทุกประเทศ ซิมการ์ด (Subscriber Identification Module) แต่ละการ์ดจะมีหมายเลขไม่ซ้ำกันและเป็นส่วนประกอบสำคัญของโทรศัพท์GSM



รูปที่ 2.15 การจำแนกพื้นที่การใช้งาน โดยแบ่งเป็นเซลล์ [9]

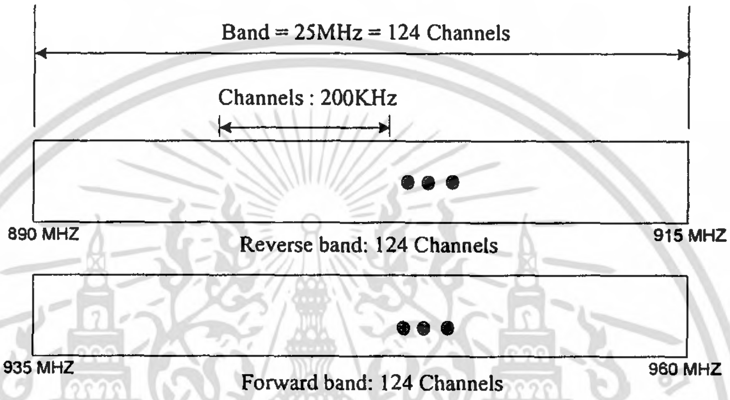
2.6.1 สถานที่ซึ่งมีการใช้ GSM

1) GSM 900 (การรับส่งข้อมูลในแถบความถี่ 900 MHz) เป็นเครือข่ายดิจิตอลหลักในยุโรป นอกจากนั้นยังใช้ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกด้วย
2) GSM 1800 (ส่งข้อมูลในแถบความถี่ 1800 MHz) ใช้ในยุโรปและเอเชีย แต่ไม่มีการนำมาใช้กว้างขวางเหมือน GSM 900
3) GSM 1900 (ส่งข้อมูลในแถบความถี่ 1900 MHz) เป็นระบบ GSM หลักที่ใช้ในอเมริกาและแคนาดา

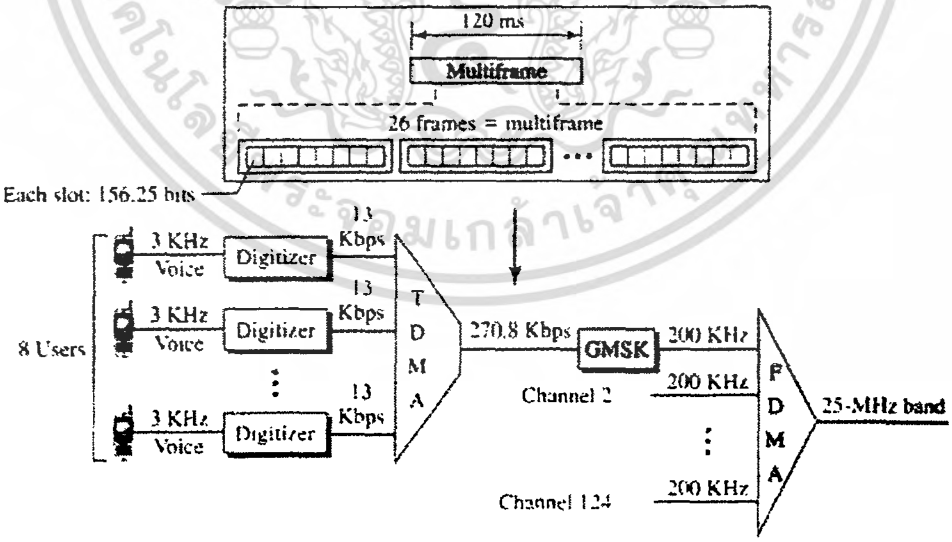
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 หลักการทำงานของระบบ GSM

GSM จะใช้ช่วงความถี่ในการส่งสัญญาณ 2 ช่วง โดยแต่ละช่วงจะมีความกว้างของสัญญาณ 25 MHz ดังรูปที่ 2.16 ในแต่ละช่วงของความถี่นั้นจะสามารถแบ่งเป็นช่องสัญญาณได้อีก 124 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องจะมีความกว้าง 200 KHz และการ์ดแบนด์ (guard band) ซึ่งทำหน้าที่ในการแยกแต่ละช่องสัญญาณออกจากกัน



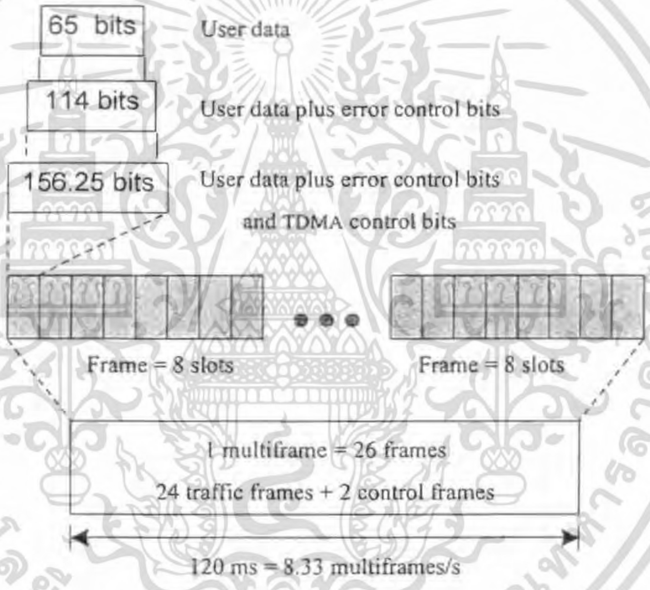
รูปที่ 2.16 ช่วงความถี่ของ GSM [2]



รูปที่ 2.17 ระบบ GSM [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.17 ช่องสัญญาณเสียงแต่ละช่องจะถูกดิจิไทล์และบีบอัดข้อมูลแล้วส่งออกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยอัตราเร็ว 13 Kbps จากนั้นจะมีการรวมช่องสัญญาณเสียง 8 ช่องเข้าด้วยกัน โดยใช้เทคนิค TDMA (Time Division Multiple Access ให้บริการดิจิตอลไร้สายโดยใช้การมัลติเพล็กซ์แบ่งตามเวลา (TDM) ความถี่วิทยุนั้นถูกแบ่งเป็นช่วงเวลา จากนั้นช่วงเวลาจะถูกจัดสรรให้กับสายต่างๆ ด้วยวิธีนี้ ความถี่เดี่ยวจะสามารถสนับสนุนช่องสัญญาณข้อมูลหลายช่องได้พร้อมกัน TDMA ใช้โดยเครือข่ายเซลลูล่าร์ดิจิตอล GSM) ซึ่งจะทำให้มีอัตราส่งเป็น 270.8 Kbps เมื่อนำสัญญาณมารวมกันเป็นเฟรมแล้ว แต่ละเฟรมจึมีอยู่ 8 ช่องซึ่งแต่ละช่องจะมีข้อมูล 156.25 บิต เมื่อนำข้อมูล 26 เฟรมมารวมกันจะเรียกว่า มัลติเฟรม(multiframe)



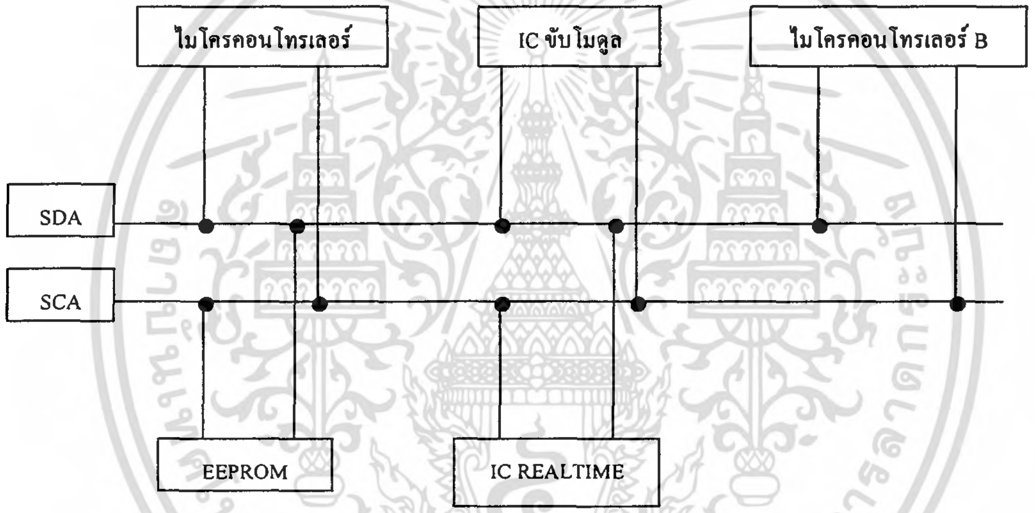
รูปที่ 2.18 ถึงข้อมูลของผู้ใช้และโอเวอร์เฮด(overhead)ในมัลติเฟรม

จากนั้นจะมีการนำสัญญาณดิจิตอลไปมอดูเลตกับคลื่นพาห์โดยใช้เทคนิค GMSK (เป็นรูปแบบหนึ่งของการมอดุเลตที่ใช้กันในแถบยุโรป) ซึ่งผลที่ได้จะเป็นสัญญาณอะนาล็อกที่มีความถี่ 200 KHz จากนั้นจะนำช่องสัญญาณอนาล็อก 124 ช่องมามัลติเพล็กซ์โดยใช้เทคนิค FDMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบบัส I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีโดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลลิปส์ (Philips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูล สามารถติดต่อ สั่งงานและควบคุมภายใต้สัญญาณ 2 เส้น เส้นหนึ่งคือสายข้อมูล อีกเส้นเป็น สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์ระบบบัส I^2C ทำได้ง่ายมากเพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานกัน ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว



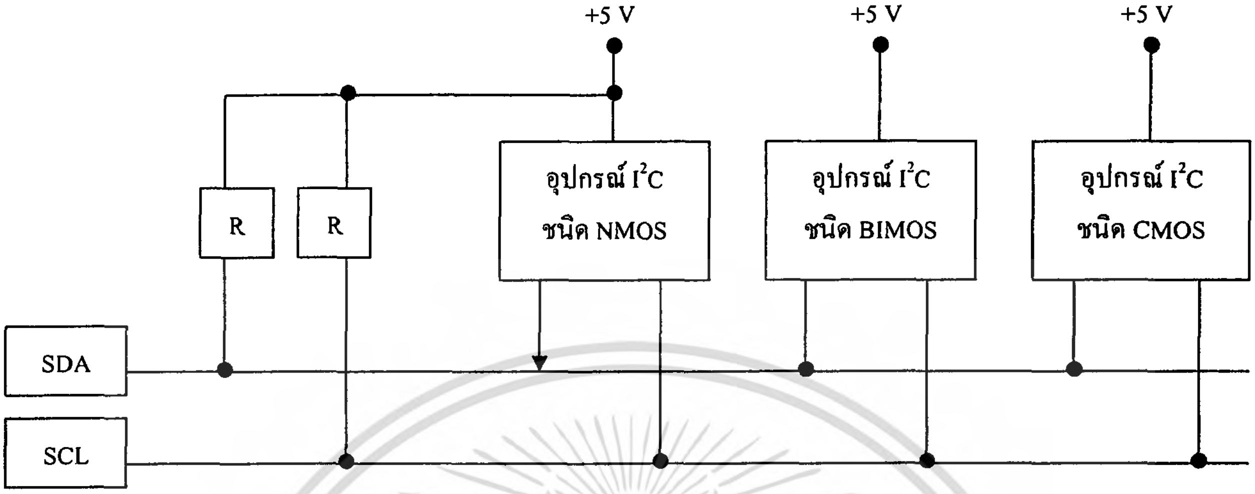
รูปที่ 2.19 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C

สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกว่า สายข้อมูลอนุกรม SDA (Serial Data Line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกาเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรม SCL (Serial Clock Line)

2.7.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณสองทิศทาง (bi – directional line) ต้องมีการต่อความต้านทานพูลอัพกับแรงดัน +5 V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูง ในขณะที่ไม่มีการติดต่ออีกทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสองวงจร เอาท์พุตของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัสจะต้องเป็นลักษณะเดรนเปิด (open drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (open collector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การต่อความต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณ

อัตราการส่งผ่านข้อมูลบนบัส สูงถึง 100 Kbits ในโหมดปกติ (Standard mode) และสูงถึง 400 Kbits ในโหมดมีความเร็วสูง (Fast mode) อุปกรณ์ที่ต่อร่วมบนบัสจะต้องมีค่าความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA กับ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลการเข้าถึง 2 รูปแบบคือ 7 บิต (7 bit addressing) หรือ 10 บิต (10 bit addressing)

ข้อเด่นของบัส I^2C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ การต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถทำได้เช่นเดียวกับอุปกรณ์ที่มีไฟเลี้ยงเท่ากัน และต้องต่อความต้านทานพูลอัพเข้ากับแรงดัน +5 V เสมอ

2.7.2 หลักการของบัส I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น และอุปกรณ์ต่อพ่วงสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือโปรโตคอล (Protocol) เพื่อให้ผู้ใช้รู้ว่าขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่ออยู่ และอุปกรณ์ใดเป็นตัวรับหรือส่ง

คำอธิบายลักษณะ หน้าที่และนิยามของอุปกรณ์

- อุปกรณ์ที่เป็นตัวสร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง
- อุปกรณ์ที่ทำหน้ารับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (Receiver)
- อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (Master)
- อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือเป็นอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้ากับบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (slave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนด 2 ประการที่สำคัญในการติดต่อบนบัส I^2C คือ

1. การส่งผ่านข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

2.ในระหว่างการส่งผ่านข้อมูลเมื่อใดก็ตามที่สาย SCL ต้องมีลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้ข้อมูลเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณทีเกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.7.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C

1) บัสว่าง (Bus not busy)

สภาวะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL มีลอจิกเป็น 1 ทั้งคู่ซึ่งหมายความว่าการถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

2) เริ่มต้นการส่งข้อมูล (Start data transfer)

เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำในขณะที่สาย SCL ยังมีสถานะเป็นลอจิกสูง เรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะเริ่มต้น

3) หยุดการส่งข้อมูล (Stop data transfer)

เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL ยังคงสภาวะลอจิกสูงอยู่ เรียกว่า สภาวะหยุด (Stop)

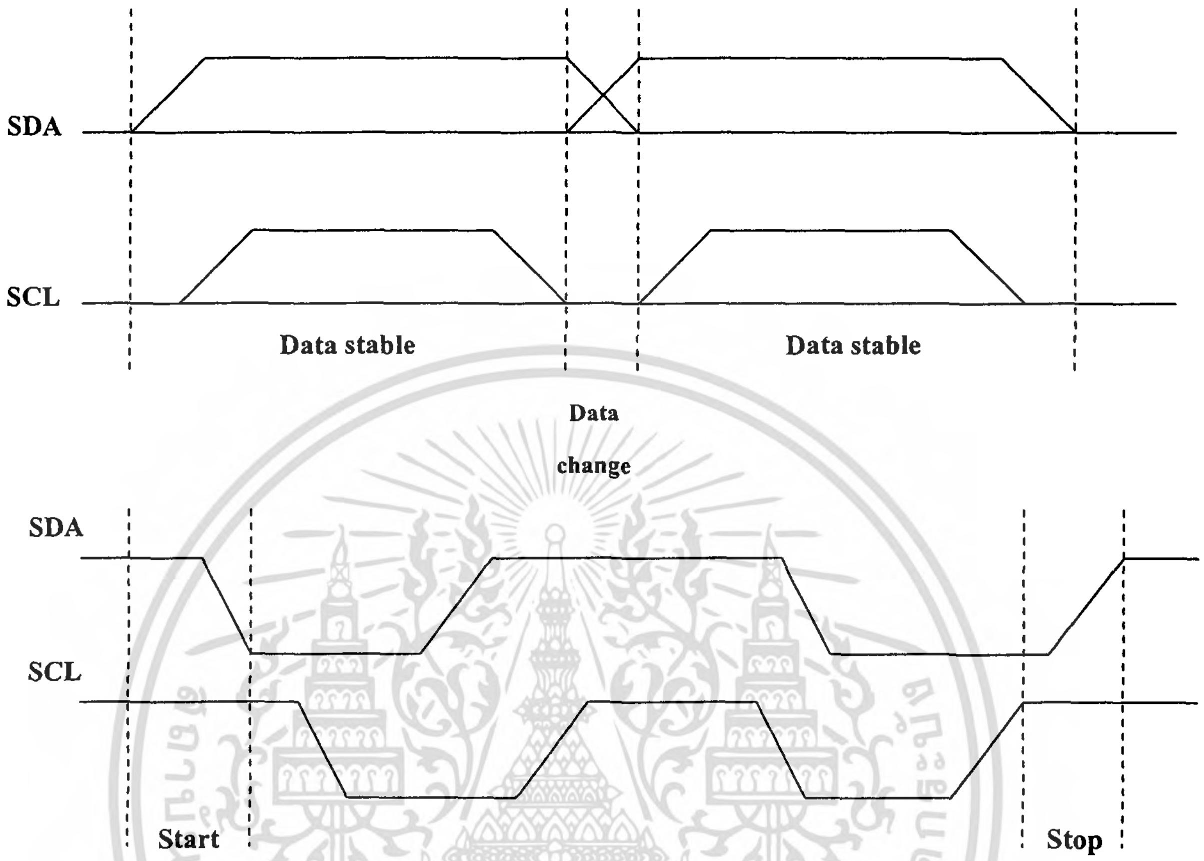
4) ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (Data valid)

สภาวะนี้เกิดถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการส่งเมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่าเป็น “0” หรือ “1” ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการส่งข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่ SCL มีลอจิกสูงหากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่ อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการส่งข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการส่งและรับเกิดความผิดพลาด

5) รับรู้ข้อมูล (Acknowledge)

เกิดขึ้นหลังจากการส่งข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้ (acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งจะสัมพันธ์กันกับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบัสรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังจะติดต่องอยู่ในขณะนั้นก็จะเกิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ไดอะแกรมเวลาของสถานะต่าง ๆ

2.7.4 การทำงานบนบัส I^2C

ก่อนจะเริ่มต้นการอ่านเขียนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่ออยู่บนบัส จะต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C จะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตและ 10 บิต ในการต่ออุปกรณ์บนบัสไม่มากใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต ก็เพียงพอแต่ถ้าอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่อกับอุปกรณ์แต่ละตัวได้แล้วก็จะเริ่มต้นอ่านเขียนข้อมูล (R/W)

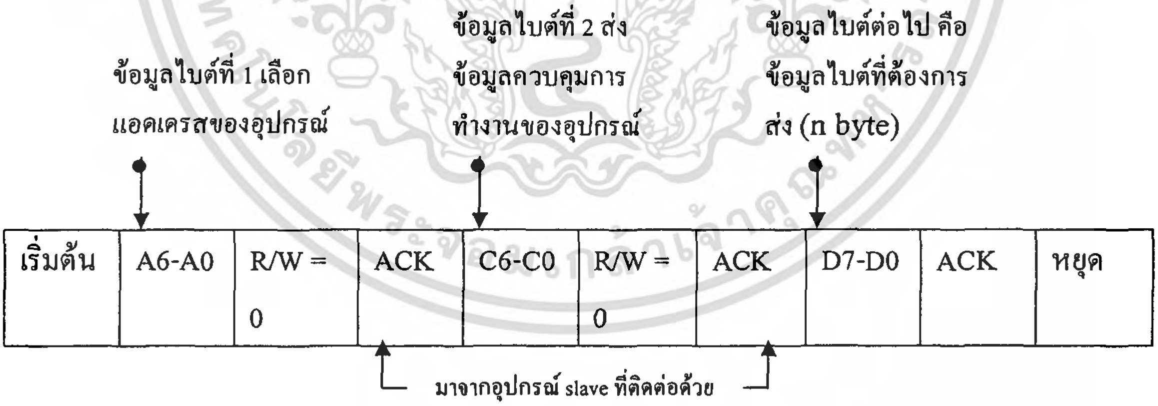
บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
x	x	x	x	A2	A1	A0	R/W

รูปที่ 2.22 รูปแบบการกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างแบบ 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7 – Bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อหรือ ข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบแสดงในรูปที่ 4 ใน 7 บิต บนรวมทั้ง MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิต เป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0 – A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมบนบัสแบบ I^2C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟ ดังนั้นหากบิต LSB เป็น “0” หมายถึงการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟข้อมูลในไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลควบคุม (control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป ข้อมูลไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลที่ส่งจริง (data) หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการส่งข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ดังรูปที่ 2.23 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นในการติดต่อบนบัส I^2C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต

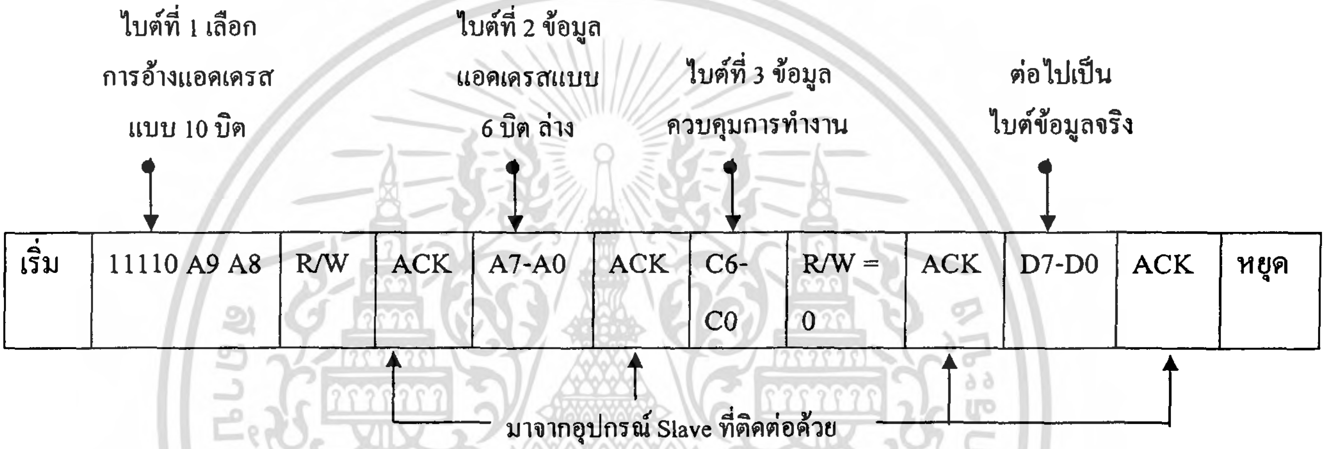


รูปที่ 2.23 รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างแบบ 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10 bit addressing)

ในการอ้างถึงแบบ 10 บิต ยังคงใช้รูปแบบเหมือนกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต เพียงแต่ต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิต ถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย ใน บิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้องมูลกับอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลต่อมาเป็นแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย



รูปที่ 2.24 รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

2.8 การสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การสื่อสารข้อมูลเกี่ยวข้องกับการส่งรหัสเลขฐานสอง ซึ่งเป็นรหัสที่สร้างและดำเนินการโดยคอมพิวเตอร์ การติดต่อในการสื่อสารข้อมูลมีลักษณะเชิงดิจิตอลที่สามารถกำหนดสถานะได้ 2 สถานะ คือ ค่าตรรกะเท่ากับ 0 หรือ 1 ส่วนเชิงอนาลอกมีได้ไม่จำกัดสถานะ

กำหนดให้การใช้ข้อมูลแทนข้อความ (Text), กราฟฟิกส์ (Graphics) เป็นรหัสขนาด n บิตที่สามารถแทนจำนวนข้อมูลได้ 2 ตัว

สำหรับรหัสใช้แทนอักษร ตัวเลข หรือสัญลักษณ์พิเศษ เรียกว่า ตัวอักขระ (Alphanumeric) ประเด็นที่เป็นการสื่อสารระหว่างเครื่องจักรด้วยกันพบว่าเครื่องจักร เช่น คอมพิวเตอร์หรือโทรพิมพ์ ไม่มีความสามารถเข้าใจถึงความหมายของตัวหนังสือได้ จึงต้องมีการแปลงความหมายให้เป็นแบบที่เครื่องจักรสามารถตีความได้ คือสถานะเลขฐานสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ทำหน้าที่เข้ารหัส (Encoder) และ (Decoder) มาใช้ในการและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจักรด้วยกัน

2.8.1 รูปแบบการรับส่งข้อมูลข่าวสาร

อย่างไรก็ตามเราต้องกำหนดมาตรฐานวิธีรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นด้วยจะมีเพียงรหัสตรงกันไม่ได้ เพราะเราทราบดีแล้วว่า ข้อมูลคอมพิวเตอร์จริง ๆ แล้วก็คือสัญญาณไฟฟ้า ถ้าแต่ละคนกำหนดสัญญาณไฟฟ้าแทนสถานะ "0" และ "1" ไม่เท่ากันคอมพิวเตอร์จะแยกไม่ออกว่าสัญญาณที่รับได้นั้นเป็น "0" หรือ "1" เนื่องจากใช้ระดับสัญญาณไม่ทราบตรงกัน โดยทั่วไปเครื่องคอมพิวเตอร์มีมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ การรับส่งข้อมูลแบบขนานกับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบขนาน เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Parallel Interface ปกติจะใช้สำหรับส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปให้เครื่องพิมพ์ การรับส่งข้อมูลแบบขนานนี้ คอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลออกไปครั้งละ 8 บิต หรือ หนึ่งไบต์เลยทีเดียว ดังนั้นสายเคเบิลที่ใช้ส่งข้อมูลจึงมีจำนวนเส้นค่อนข้างมากคือต้องใช้ 8 เส้น สำหรับสัญญาณแต่ละบิต พร้อมกับมีสัญญาณควบคุมอีกหลายเส้น ข้อดีสำหรับการส่งข้อมูลแบบนี้ คือ สามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็วเพราะส่งครั้งหนึ่งเท่ากับข้อมูล 8 บิต นอกจากนี้วงจรทางฮาร์ดแวร์ของตัวรับและตัวส่งยังมีขนาดเล็กและราคาถูกด้วย เครื่องพิมพ์เกือบทุกยี่ห้อมักจะต่อแบบขนานนี้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ คือจำกัดการรับส่งข้อมูลแบบขนาน คือการส่งสัญญาณได้ไม่ไกลเนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งมีค่าเพียง 0 ถึง +5 โวลต์ เท่านั้นเมื่อต่อสายยาว ๆ ความต้านทานภายในสายจะทำให้สัญญาณอ่อนลงจนรับไม่ได้ในที่สุด เนื่องจากสายจะมีตัวเก็บประจุแฝง สัญญาณดิจิตอลมีลักษณะเป็นพัลส์จะทำให้ขนาดลดลงและเสียรูป จนอุปกรณ์ปลายทางไม่สามารถรับได้ และจำเป็นจะต้องสายจำนวนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ส่งข้อมูลเป็นระยะทางไกล ๆ

ส่วนการรับข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีชื่อเรียกว่า Serial Interface หรือ RS-232 การรับส่งข้อมูลแบบนี้ซับซ้อนกว่าแบบแรกมาก วิธีการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์มาส่งออกไปทางสายทีละหนึ่งบิตเรียงไปจนครบ 8 บิต จากการที่ส่งข้อมูลเรียงกันไปนี้จำนวนสายที่ใช้ส่งข้อมูลจึงลดเหลือเพียง 3 ถึง 5 เส้นเท่านั้น ความซับซ้อนอยู่ตรงที่ทำอย่างไรทางด้านรับจึงจะรู้ว่าข้อมูลมาถึงเมื่อไร ตรงไหนคือข้อมูลบิตแรก บิตที่สอง ไปจนถึงบิตสุดท้าย เราจึงต้องเพิ่มส่วนเริ่มต้นข้อมูลและส่วนปิดท้ายข้อมูลเข้าไปด้วยเรียกว่า Start Bit และ Stop Bit

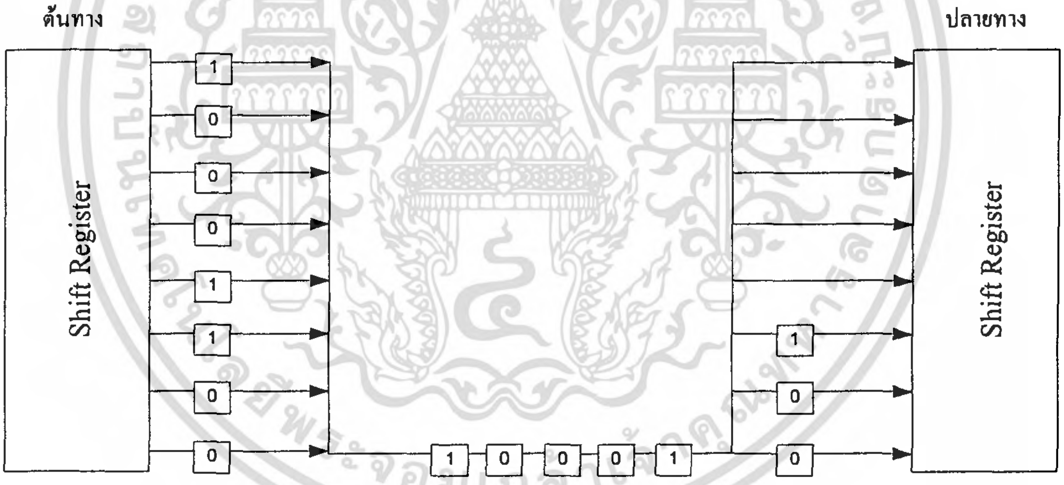
คราวนี้ผู้รับหรือคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูลก็จะสามารถแยกแยะสัญญาณที่ได้รับมาเป็นข้อมูลได้ถูกต้อง ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม คือ เหมาะสมสำหรับการรับส่งข้อมูลระยะไกลมากกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน เพราะใช้สายจำนวนน้อยกว่าและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่า +12 โวลต์กับ -12โวลต์ ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 35 เมตรโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้าช่วยเลย ข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ ความเร็วในการส่งข้อมูลจำกัดอยู่ที่ 19,200 บิตต่อวินาทีสูงสุด นับว่าช้ากว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอยู่มากทีเดียว นอกจากนี้ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังมีราคาแพงกว่าด้วย

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้ เราต้องคำนึงถึงรายละเอียดในการส่งข้อมูลมากกว่าการส่งแบบขนานหลายอย่าง เช่น ความเร็วในการรับส่งข้อมูล การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จำนวนบิตของข้อมูลเป็นต้น ทั้งหมดนี้ถ้ามีอะไรไม่ตรงกันระหว่างผู้รับและผู้ส่ง การส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็จะผิดพลาดหรือรับส่งกันไม่ได้

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเราจะต้องเรียนรู้โพรโตคอลที่เกี่ยวกับการส่งข้อมูลแบบอนุกรมก่อน ซึ่งแบ่งออกได้ 3 วิธีด้วยกันคือ วิธีที่หนึ่งวิธีการแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม วิธีที่สองชนิดของสัญญาณและรูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระยะไกล วิธีที่สามรูปแบบของข้อมูลที่ส่งและการควบคุมการโอนย้ายข้อมูล หรือRS-232



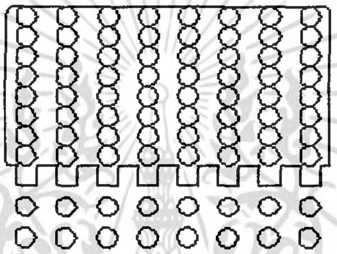
รูปที่ 2.25 แบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ามีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3 โวลต์หรือสูงกว่า ที่มีค่าทางตรระกะเป็น 1 และกำหนดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่มีระดับแรงดันเท่ากับ -3 โวลต์หรือต่ำกว่ามีค่าทางตรระกะเป็น 0 วงจรไอซีที่สร้างสัญญาณเหล่านี้ต้องการแหล่งจ่ายไฟขนาด +12 โวลต์ RS-232 จะใช้สาย 1 เส้นสำหรับส่งข้อมูลและใช้สายอีก 1 เส้นสำหรับข้อมูล โดยสัญญาณในแต่ละสายนี้จะถูกอ้างอิงกับกราวด์ (ขาเบอร์ 7) มาตรฐาน RS-232 นี้ยังได้กำหนดสัญญาณตอบรับเพื่อใช้ในการควบคุมการรับ/ส่งข้อมูลด้วย

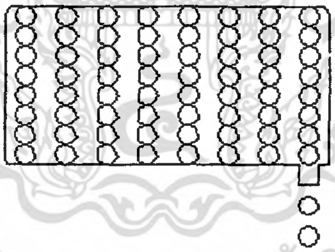
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ลักษณะการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เราใช้ศึกษาอยู่นี้ จะเป็นข้อมูลที่มีความยาวขนาด 1 ไบต์ หรือ 8 บิตซึ่งโดยปกติถ้าเราจะให้ส่งข้อมูลพร้อมๆกันไป 8 บิตจะเป็นวิธีการส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตพร้อมกันไปยังอุปกรณ์ภายนอก และจะต้องมีจำนวนของสายสัญญาณจำนวน 8 เส้น เพื่อให้พอดีกับจำนวนของบิตที่ต้องการจะส่ง การส่งข้อมูลแบบขนานจึงทำให้มีการส่งข้อมูลที่มีความรวดเร็ว แต่ถ้าหากมีการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล ก็จะต้องใช้จำนวนของสาย และระยะทางของสายมากขึ้นจึงทำให้มีการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง



รูปที่ 2.26 การส่งข้อมูลแบบขนาน



รูปที่ 2.27 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

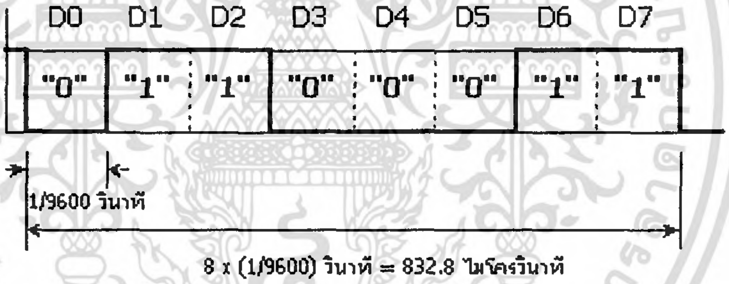
ดังนั้นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมจึงถูกนำมาใช้ ในการสื่อสาร โดยจะใช้สายเพียงเส้นเดียวในการส่งข้อมูล หรือรับข้อมูล (คำว่าเส้นเดียวหมายความว่าสายส่ง (Tx) 1 เส้น สายรับ (Rx) 1 เส้น และสายกราวด์ร่วม (Ground) 1 เส้น) นำมาใช้สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกในระยะทางที่ไกล ถ้าหากต้องการส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ก็จะทำการส่งข้อมูลออกไปทีละบิตเป็นลำดับไป จนกว่าจะครบจำนวนทั้ง 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ช่วงจังหวะเวลาของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เพื่อรับหรือส่งข้อมูล จะเป็นลักษณะของกลุ่มข้อมูล ดังนั้นอัตราความเร็วจะต้องมีค่าเท่ากันระหว่างการรับและการส่งโดยทั่วไปเราจะระบุความเร็วของจำนวนบิตในการรับและส่งข้อมูล เป็นจำนวนของบิตที่จะส่งใน 1 วินาที โดยเรียกความเร็วในการส่งข้อมูลว่า อัตราบอด (Baud Rate) ซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที เช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800 และ 9,600 บิตต่อวินาที ถ้าหากมีการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที จะใช้เวลาในการรับส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ 1/9600 หรือ 104.1 ไมโครวินาที และเวลาในการรับส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตจะมีค่าเท่ากับ 8 x 104.1 หรือ832.8 ไมโครวินาที

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	0	0	1	1	0



รูปที่ 2.28 การส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที

2.8.4 รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เป็นวิธีการรับและส่งข้อมูลโดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกาส่งร่วมไปด้วย แต่จะใช้อัตราความเร็วของจำนวนข้อมูลต่อวินาที และจะทำการเพิ่มบิตข้อมูลบางอย่างร่วมไปกับการส่งข้อมูลจริง เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วยกัน 4 ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) จะมีขนาด 1 บิต จะเป็นละดับลอจิกตรงกันข้ามกับระดับลอจิกของสภาวะสายสื่อสาร ขณะที่ยังไม่มีการส่งข้อมูล

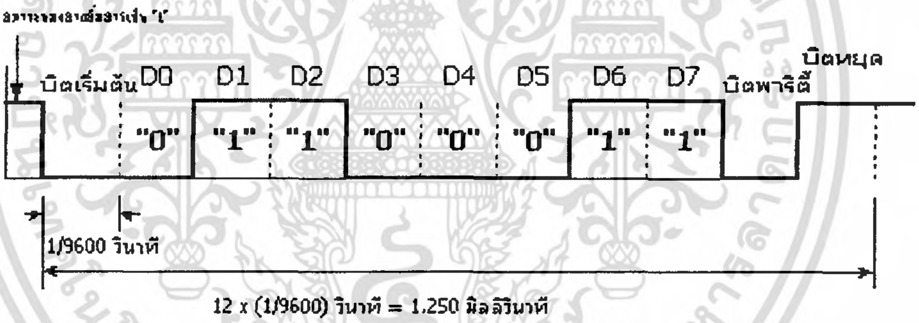
2. บิตข้อมูล (Data bit) จะเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดก่อนหรือ บิต LSB ก่อน โดยข้อมูลที่จะส่งอาจจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บิตแสดงสภาวะเลขคู่หรือเลขคี่ (Parity bit) มีขนาด 1 บิตโดยบิตนี้จะนำไปต่อท้ายกับบิตข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของข้อมูลที่เป็น "1" โดยเลือกการส่งข้อมูลเป็นแบบ พาริตี้คู่ หรือ พาริตี้คี่ ตัวอย่าง ถ้ากำหนดให้มีการส่งข้อมูลแบบพาริตี้คู่ แต่ข้อมูลมีเลข 1 เป็นจำนวนคี่ ก็จะให้บิตพาริตี้นี้เป็น "1"เพื่อจะได้จำนวนเลข "1" เป็นคู่นั้นเอง ทำนองเดียวกันทางด้านรับเองก็ต้องมีการตรวจสอบจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามาเป็น "1" รวมทั้งบิตพาริตี้ 1 บิต ถ้ามีค่า "1"เป็นจำนวนคู่ แสดงว่าข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง สามารถกำหนดการรับและส่งข้อมูลเป็นแบบ NONE โดยไม่ต้องมีการตรวจสอบพาริตี้บิตก็ได้

4. บิตสุดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) เป็นการระบุถึงขอบเขตของการสิ้นสุดข้อมูล โดยจะทำให้ขาข้อมูลมีสถานะ ลอจิกเป็น "1" ซึ่งอาจมีจำนวนมากกว่า หนึ่งบิตก็ได้ เช่น 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	1	0	0	0	1	1	0



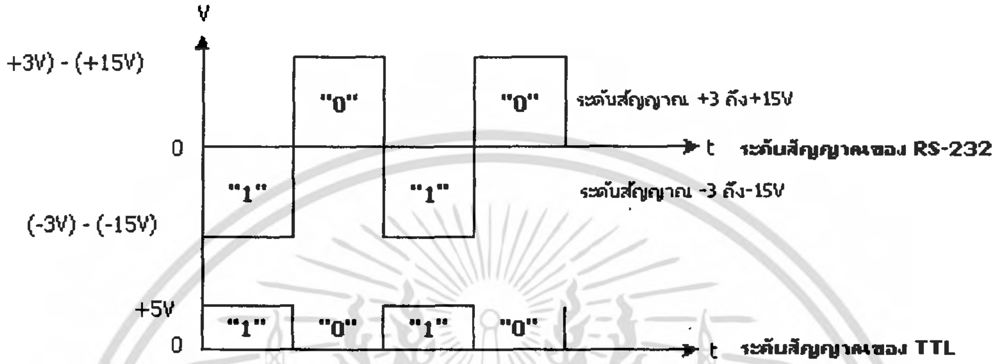
รูปที่ 2.29 การส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมพร้อมด้วย บิตเริ่มต้น, บิตพาริตี้, บิตหยุด ด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที

2.8.5 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม EIA RS-232 (x) เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association) ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง เพื่อให้มีการใช้งาน ในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ การรับส่งสัญญาณจะกำหนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุตโดยมีระดับ สัญญาณตั้งแต่ 3 โวลต์ จนถึง 15 โวลต์ สำหรับลอจิก "0" และมีระดับแรงดันที่ -3 โวลต์ จนถึง -15 โวลต์ สำหรับลอจิก "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

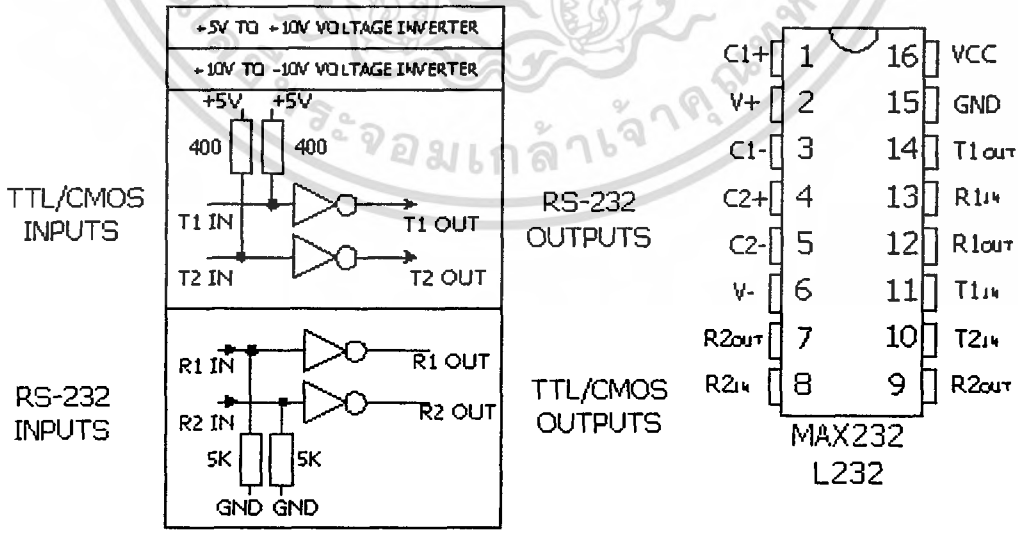
ดังนั้นสังเกตได้ว่าจะมีระดับแรงดันที่ใช้ในสถานะลอจิก "0" และ ลอจิก "1" แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่วๆไป การต่อใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันจาก 0 - 5 โวลต์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 หรือต่ำกว่า - 3 โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน หรืออาจจะต่อวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้



รูปที่ 2.30 ระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL

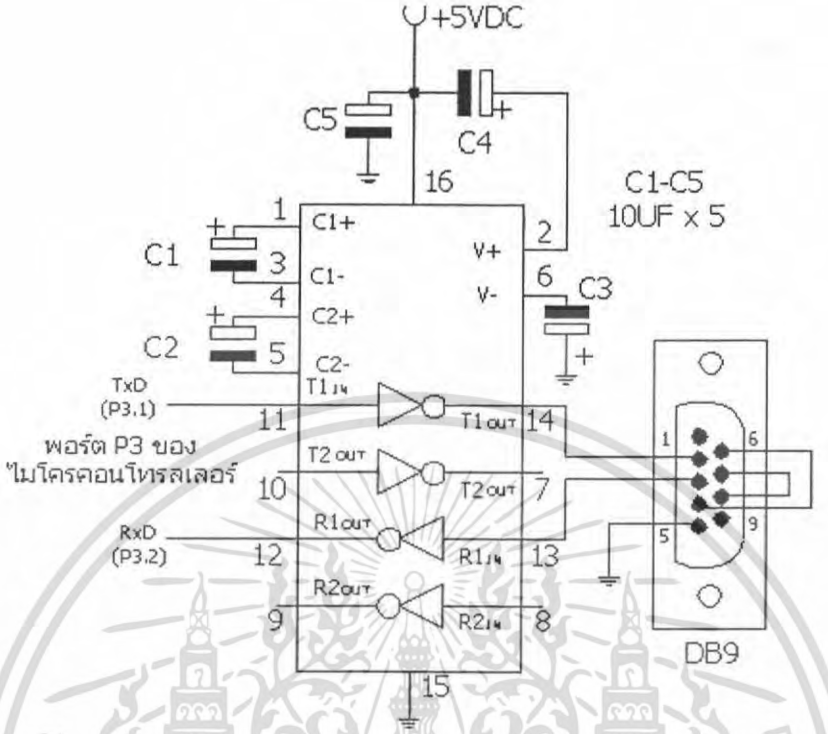
2.8.6 วงจรภายในไอซี MAX232, L232

ไอซี MAX232, L232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ไปเป็นระดับของ RS-232 และในทำนองเดียวกันก็รับระดับสัญญาณจาก RS-232เพื่อแปลงเป็นระดับสัญญาณจากระดับ TTL ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

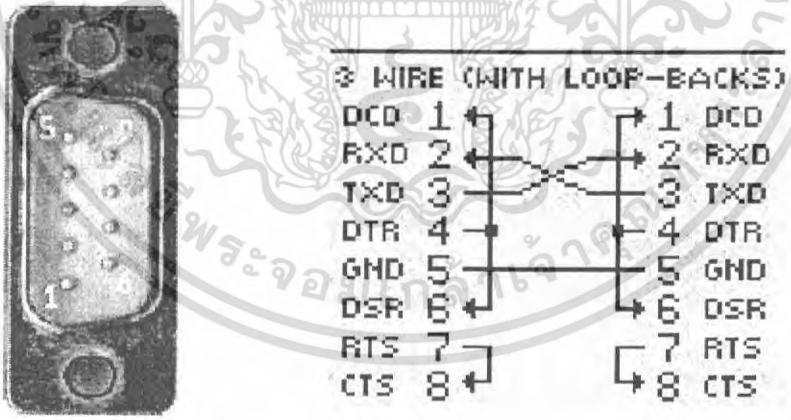


รูปที่ 2.31 ตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 การต่อใช้งานไอซี MAX232, L232

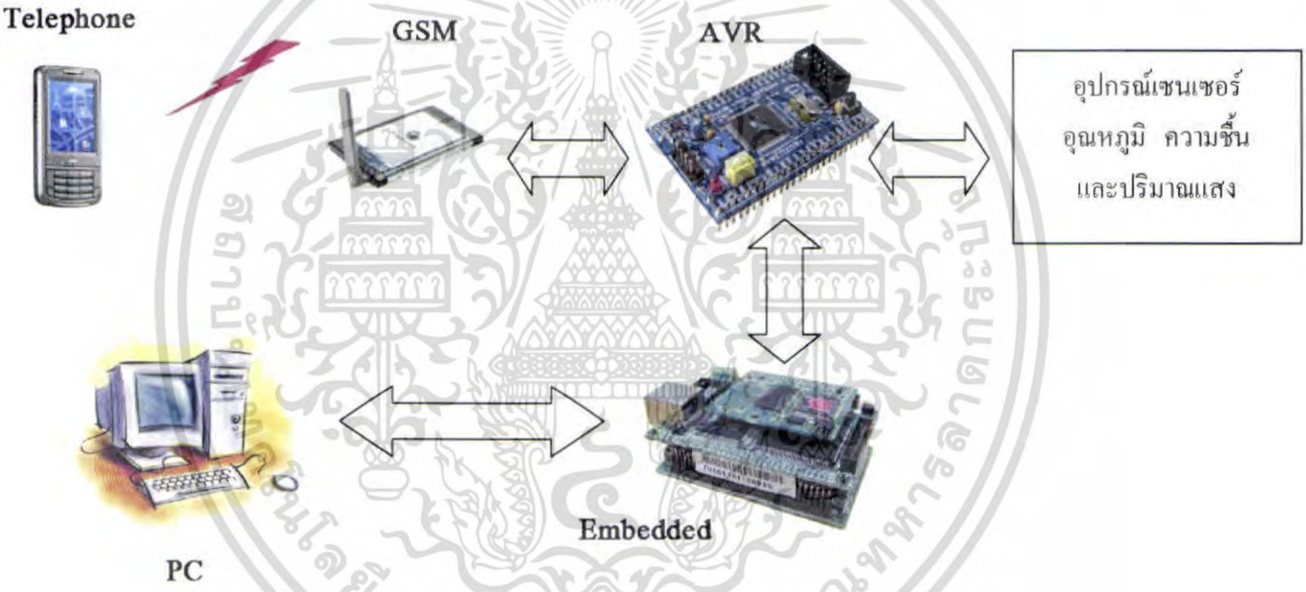


รูปที่ 2.33 พอร์ตอนุกรมใช้ในการเชื่อมต่อการส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบการทำงาน

การออกแบบระบบการทำงานนั้นเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับของตัวเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อส่งข้อมูลมายัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการติดต่อระหว่าง ตัวEmbedded กับโมดูลสื่อสาร GSM จะใช้จะส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 3.1 การทำงานโดยรวมของระบบ

จากรูปจะแสดงการทำงานโดยรวมของระบบโดยเซ็นเซอร์จะคอยตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณแสง จากนั้นก็จะทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์AVRเพื่อรับค่าที่ตรวจวัดได้ จากนั้นทำการส่งข้อมูลไปให้กับEmbedded เพื่อเก็บข้อมูลต่างที่จำเป็นไว้ และผ่านโมดูลสื่อสารไปแสดงผลผ่านโทรศัพท์มือถือ

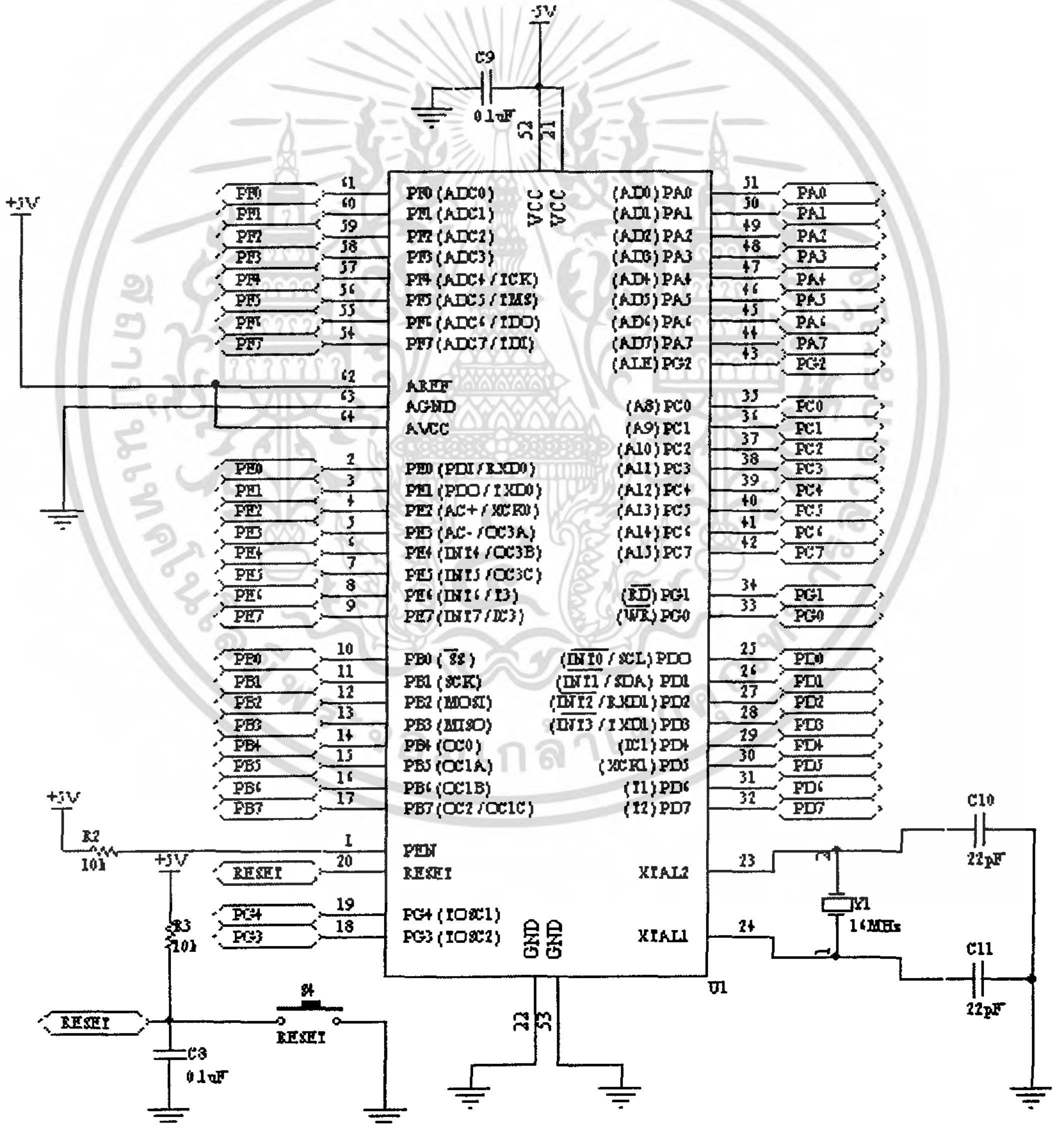
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ 1.ส่วนของการออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 2.ส่วนตัวEmbedded และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนของการสื่อสารแบบไร้สาย

3.1.1 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128 จะเข้ามามีส่วนช่วยในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างในระบบ



รูปที่ 3.2 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR AT mega 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบการเชื่อมต่อโมดูล SHT 15 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

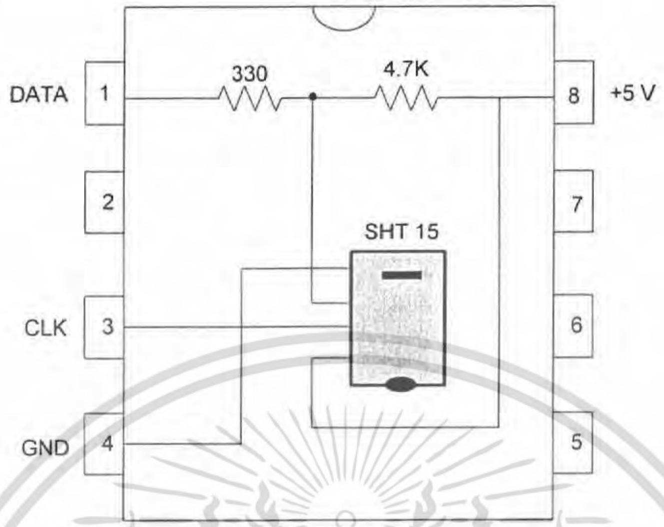
เนื่องจากในการจะรับส่งข้อมูลจาก SHT 15 ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT 15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนที่เรียกว่า Transmission start นั่นคือขา DATA ต้องถูกทำให้เป็นลอจิก 0 นานอย่างน้อย 1ไซเกิลของสัญญาณนาฬิกา SCK หลังจากนี้ SHT 15 จะทราบได้ทันทีว่าข้อมูลหลังจากนี้จะเป็นคำสั่ง จากรูปที่ 3.5 เราได้ต่อ ขา3(DATA) ของโมดูล SHT 15 ไปต่อกันขาPB0 ของ AT mega 128 และขา4(SCK) ของโมดูล SHT 15 ไปต่อกันขาPB1 ของ AT mega 128

รูปที่ 3.3 สัญญาณการเริ่มต้นการส่งข้อมูล SHT15

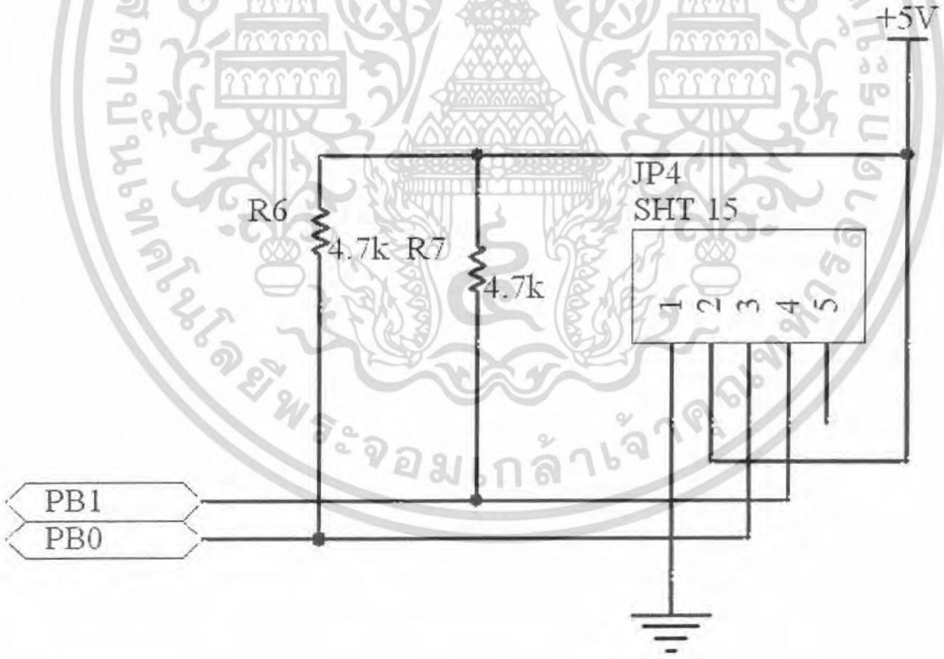
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของขาโมดูล SHT 15 ที่นำมาต่อใช้งาน

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data, bidirectional
3	SCK	Serial clock, clock
4	VDD	Supply 2.4-5.5V
	NC	Remain pins must be left unconnected

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 โครงสร้างภายในของไอซี SHT 15

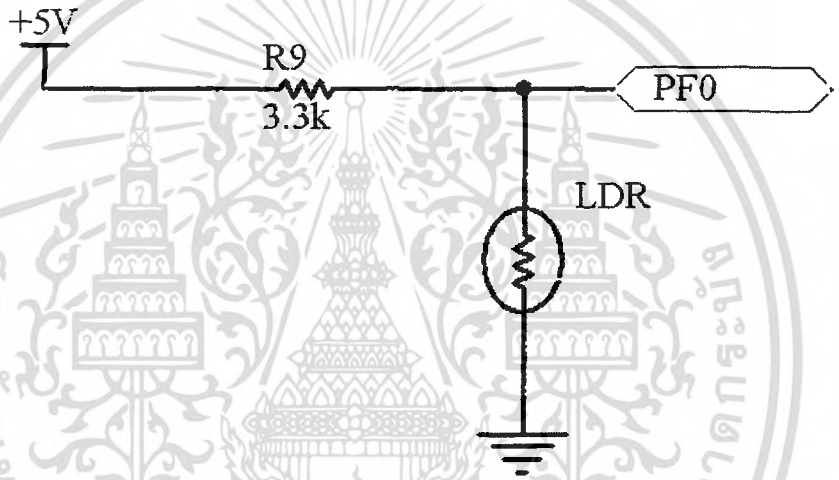


รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อโมดูล SHT 15 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การออกแบบการเชื่อมต่อ LDR

LDR เมื่อได้รับแสงที่มีความเข้มสูง ความต้านทานจะมีค่าลดต่ำลงและ ในทางกลับกันในขณะที่ความเข้มของแสงถูกลดลงความต้านทานก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทานที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิง จากนั้นนำค่าที่เปลี่ยนแปลงไปต่อกับ ATMEGA 128 เพื่อทำการการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้หลักการการแปลงแบบ successive approximate ที่ Port F0 จำนวน 8 ช่อง ความละเอียด 10 บิต

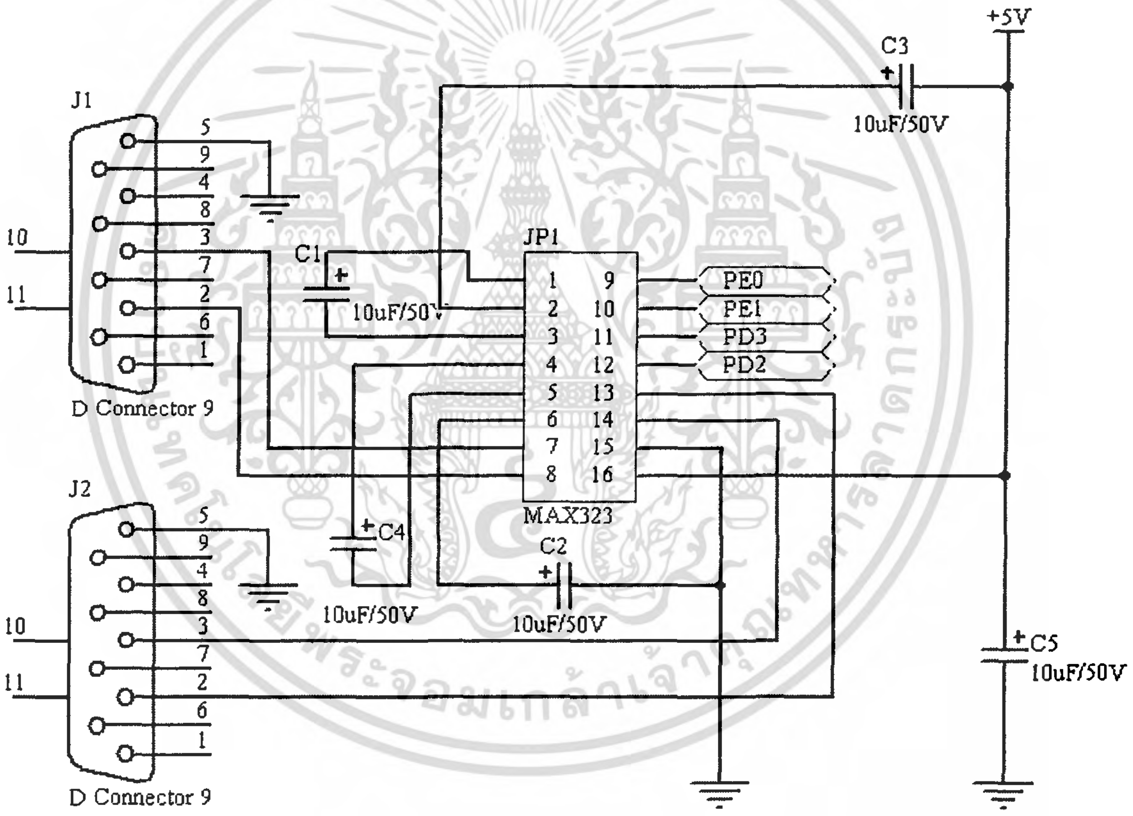


รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อ LDR เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การออกแบบการเชื่อมต่อRS-232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในระบบการทำงานนี้จะต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่าง Embedded system กับไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลการสื่อสารแบบไร้สายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยจึงได้เลือกการสื่อสารผ่าน RS-232 เข้ามาใช้ โดยในโครงงานนี้เราจะใช้งานพอร์ตอนุกรมทั้ง 2 พอร์ต โดย Rx0,Tx0 ซึ่งต่อมาจาก ATmega 128 PE0,PE1จะติดต่อกับ Embedded system และ Rx1,Tx1 ซึ่งต่อมาจาก AT mega 128 PD0,PD1จะติดต่อกับโมดูลการสื่อสารแบบไร้สาย



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อRS-232 เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบซอฟแวร์

3.2.1 การออกแบบโปรแกรมติดต่อบัส I^2C

ประกอบด้วย สภาวะเริ่มต้น สภาวะสิ้นสุดการส่งข้อมูล สภาวะหยุด สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL การเขียนข้อมูลบนระบบบัส I^2C ดังแสดงในโฟลว์ชาร์ต

1) การสร้างสภาวะเริ่มต้น

1. เมื่อต้องการติดต่อกับบัส I^2C สิ่งแรกที่ต้องทำสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ที่ถือว่าเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์คือ การทำให้เป็นบัสว่างด้วยการกำหนดให้ขา SCL และขา SDA มีลอจิกเป็น“1” ทั้งคู่

2. จากนั้นกำหนดให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “0” โดยที่ขา SCL ยังคงเป็นลอจิก “1” อยู่

3. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น “0” ถึงตอนนี้ SCL และ SDA จะเป็น “0” ทั้งคู่พร้อมที่จะติดต่อกับบัสได้แล้ว

2) การสร้างสภาวะหยุด

1. เมื่อต้องการหยุดส่งข้อมูลจะต้องหยุดส่งสภาวะหยุดออกไป โดยในตอนแรกต้องกำหนดขา SCL และ SDA เป็นลอจิก “0” ทั้งคู่ก่อน

2. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น “1” โดย SDA ยังคงเป็น “0”

3. จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” ซึ่งจะทำให้ระบบบัสเข้าสู่บัสว่างอีกครั้ง พร้อมที่จะรับหรือส่งข้อมูลต่อไป

3) สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0” มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA เป็น “0” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “0”

2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ SDA ยังเป็น “0” อยู่

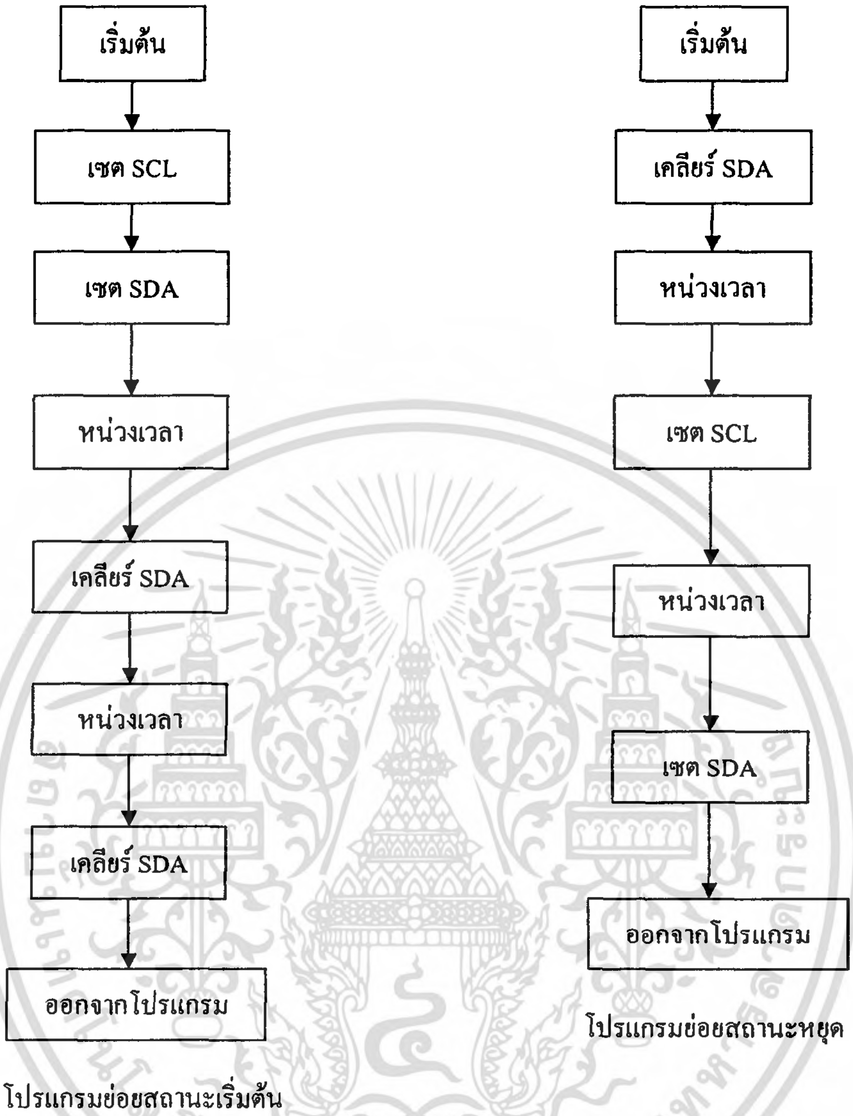
3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมาเป็น “0” เหมือนเดิม

4) สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1” มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น “1” สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก “1”

2. ทำให้ขา SCL เป็น “1” สำหรับการส่งสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ SDA ยังเป็น “1” อยู่ จากนั้นทำขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

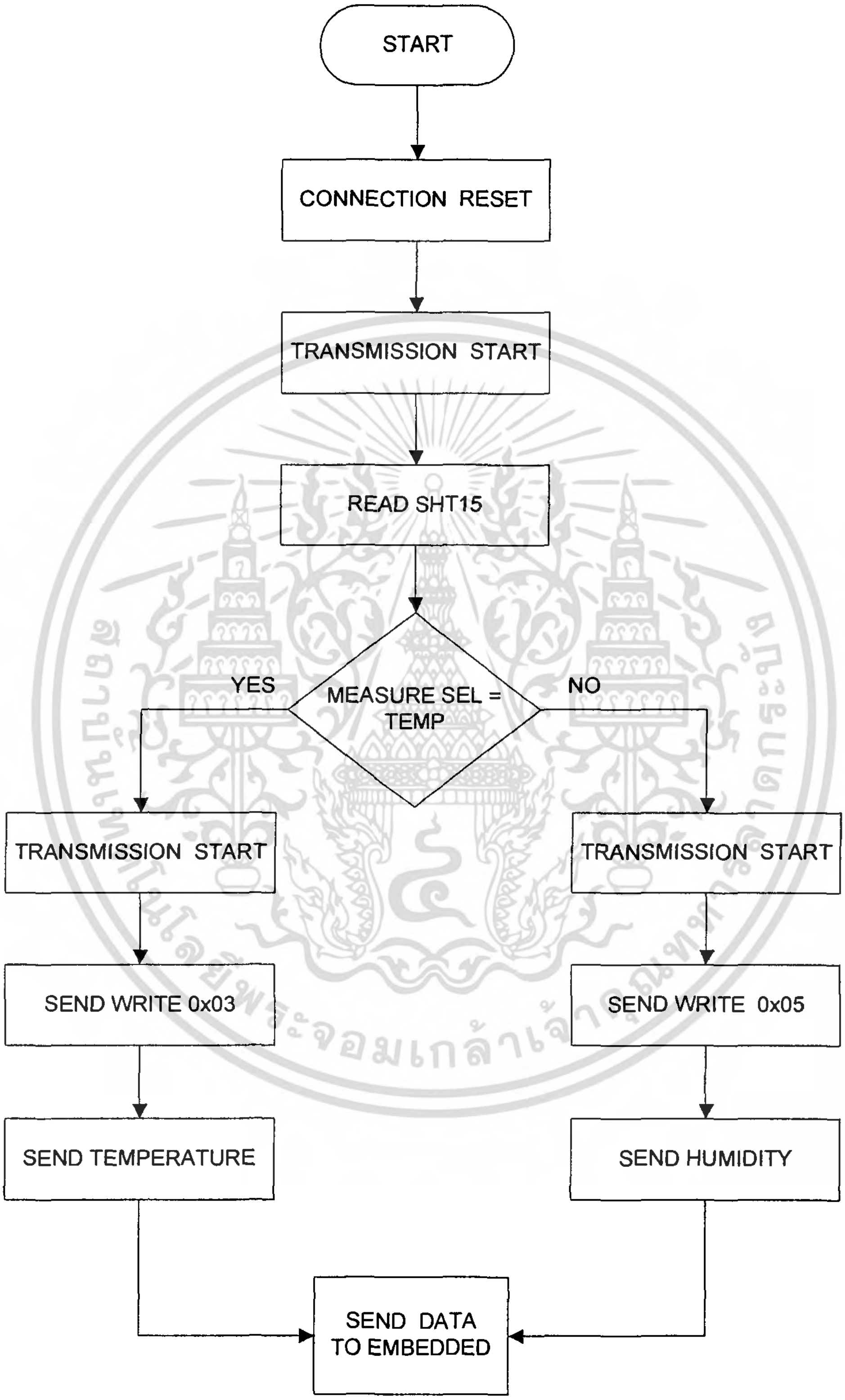


รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมย่อยของสถานะเริ่มต้นและสถานะหยุด

3.2.2 การออกแบบโปรแกรมส่วนของการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ

จาก Flowchart เริ่มต้นการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูล SHT15 ต้องสร้างสัญญาณรีเซต(CONNECTION RESET)ขึ้นก่อน จากนั้นสร้างสภาวะเริ่มต้นก่อนการส่งข้อมูลคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง SHT15 จำเป็นจะต้องสร้างรูปแบบสัญญาณกระตุ้นผ่านขาสัญญาณ SCK และ DATA เพื่อให้ตรงกับเงื่อนไขที่เรียกว่า Transmission start จากนั้นอ่านข้อมูลดิบของอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์โดยค่าที่อ่านได้นำไปคำนวณตามสมการที่ 2.3, 2.4, 2.5 จากนั้นเขียนคำสั่งควบคุมโดยที่ต้องการอ่านอุณหภูมิส่ง 0x03 หรือถ้าต้องการอ่านความชื้นส่ง 0x05 จากตารางที่ 2.2 เมื่อได้ค่าที่ต้องการก็ส่งไปยังตัวembedded

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

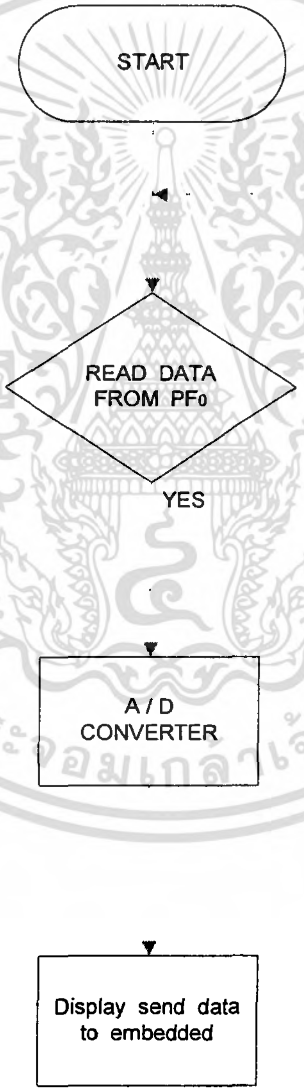


รูปที่ 3.9 Flowchart ของโปรแกรมการตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบโปรแกรมการเชื่อมต่อ LDR

จากFlowchartโปรแกรมจะคอยทำการตรวจสอบค่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดของกับตัวLDR ว่ามีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยส่งค่ามายังพอร์ตPF0 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปต่อกับ ATMEGA 128 เพื่อทำการการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้หลักการการแปลงแบบ successive approximateโดยเปรียบเทียบค่าที่เราได้ทำการทดลองเอาไว้ จากนั้นก็ทำการส่งค่าไป Embedded system

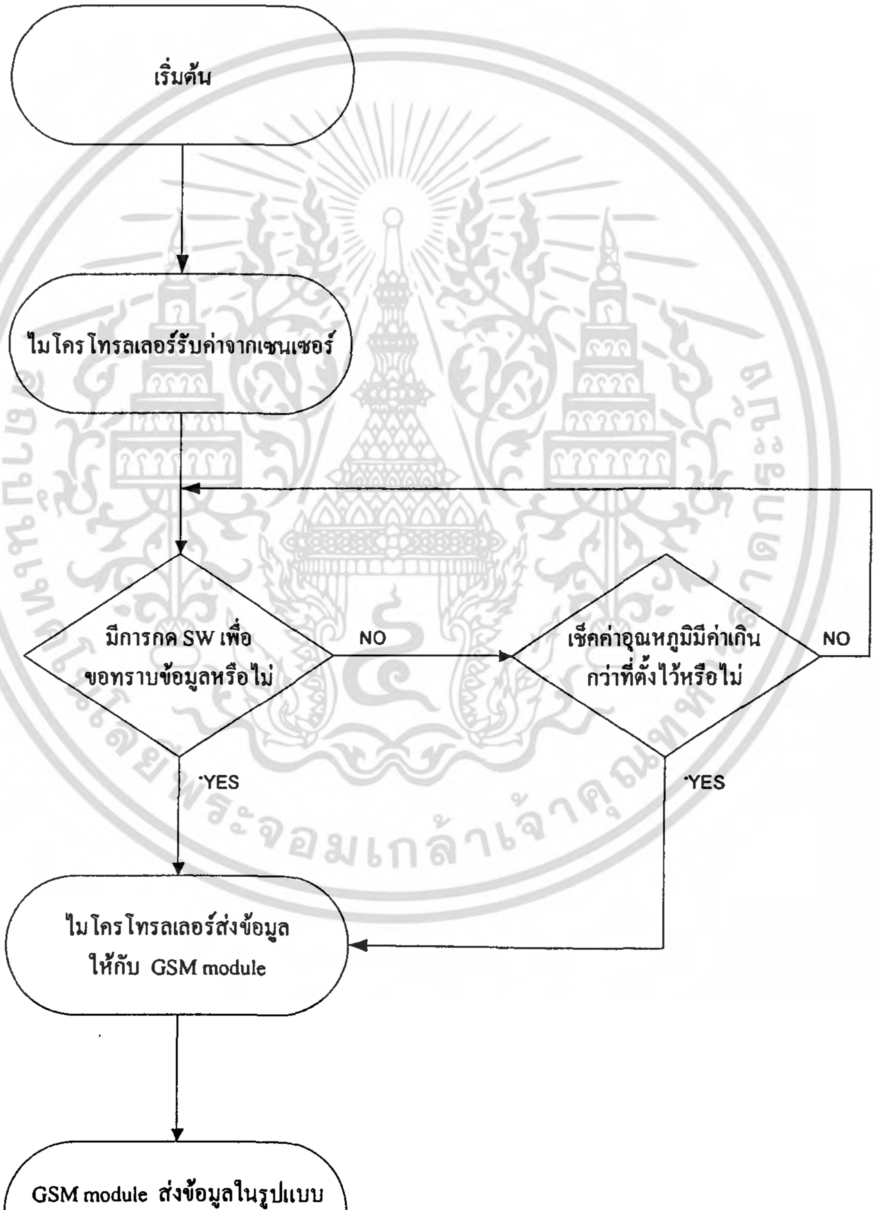


รูปที่ 3.10 Flowchart ของโปรแกรมการเชื่อมต่อ LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบโปรแกรมการเชื่อมต่อ GSM Model

จาก Flowchart โปรแกรมจะคอยทำการตรวจสอบค่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับตัว SHT 15 ว่ามีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ถ้าหากผลที่ได้มีอุณหภูมิสูงกว่าที่ระบบกำหนดไว้ระบบก็จะส่งข้อมูลในรูปแบบ SMS ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ดูแล หรือถ้าหากต้องการทราบข้อมูลก็สามารถกดสวิตช์ระบบก็จะส่งข้อมูลรูปแบบ SMS ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ดูแล



รูปที่ 3.11 Flowchart ของโปรแกรมการเชื่อมต่อ GSM Model

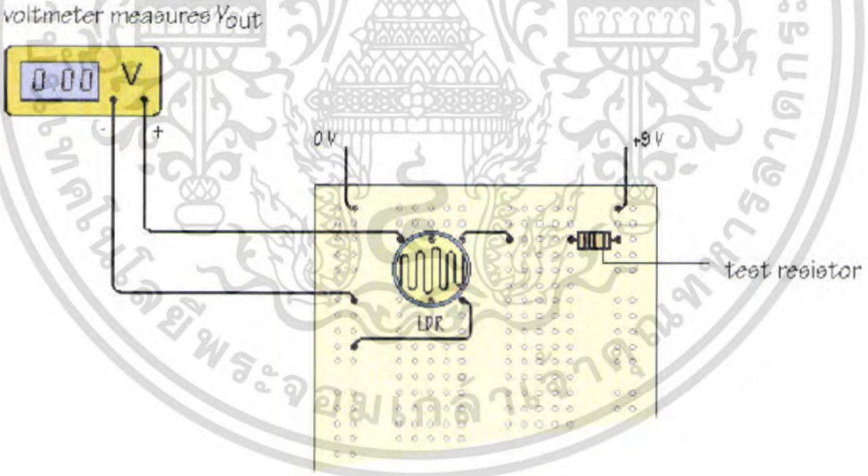
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การใช้งานและผลการทดลอง

4.1 ทดลองการตรวจวัดปริมาณแสง

วิธีการทดลอง

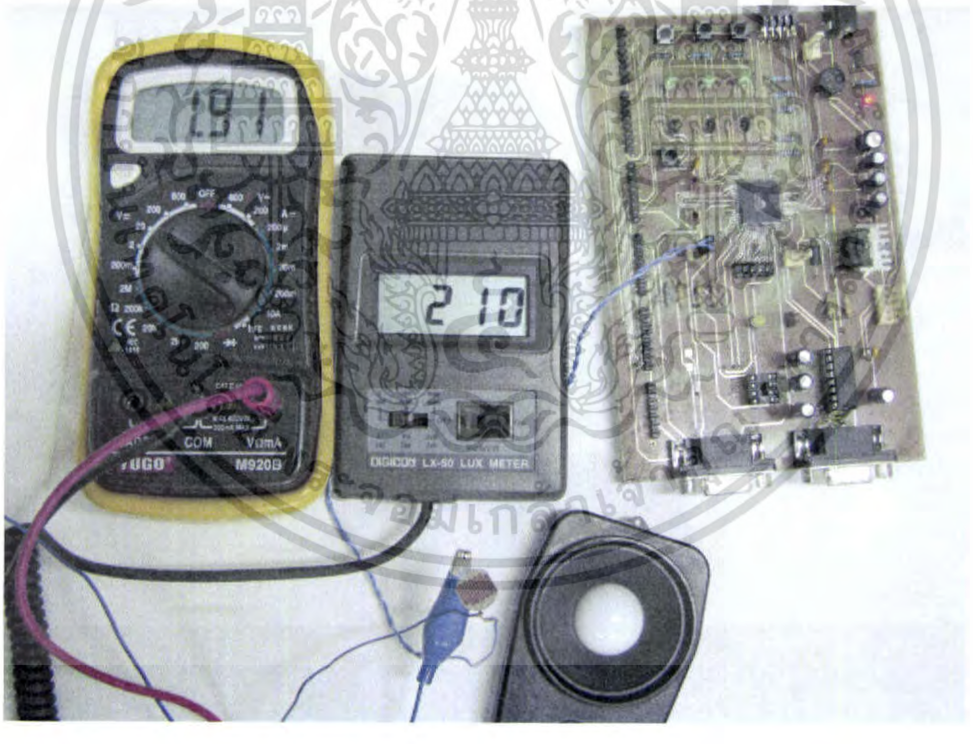
1) ทำการทดลองในสถานที่ที่ต้องการวัดแสงแต่เนื่องจากหากวัดแสงในสภาพที่โล่งจะไม่สามารถกำหนดความสว่างของแสงได้จึงทดลองในสภาพห้องที่มีแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ซึ่งสามารถปรับค่าความสว่างของแสงได้
2) ต่อวงจรดังรูปที่ 4.1 ประกอบด้วยLDRและตัวต้านทานค่า 3.3KΩ เป็นวงจรแบ่งแรงดัน



รูปที่ 4.1 วงจรแบ่งแรงดันที่ใช้ทดลองวัดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ต่อโวลต์มิเตอร์คร่อม LDR ปรับความสว่างให้แรงดันตกคร่อม LDR เท่ากับ 0.25 V และนำ LUX มิเตอร์วัดเทียบแล้วบันทึกลงในตาราง
4) จากนั้นค่อยๆเพิ่มปริมาณแสงขึ้นเรื่อยๆครั้งละ 0.25 โวลต์ นำLUXมิเตอร์มาวางข้างๆเพื่อวัดเทียบแล้วบันทึกลงในตาราง
5) เพิ่มปริมาณแสงไปเรื่อยๆจนค่าโวลต์ที่ตกคร่อม LDR ถึง 5 V
6) ทำการทดลองซ้ำจนครบ 4 ครั้งและคำนวณค่าเฉลี่ย
7) คำนวณค่าความต้านทานตกคร่อมLDR จากสูตร V(LDR).R1/(Vcc-V(LDR).แล้วบันทึกลงในตาราง
8) คำนวณค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจร ได้จาก I = E/R แล้วบันทึกลงในตาราง



รูปที่ 4.2 วงจรที่ใช้ทดลองวัดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดแสง

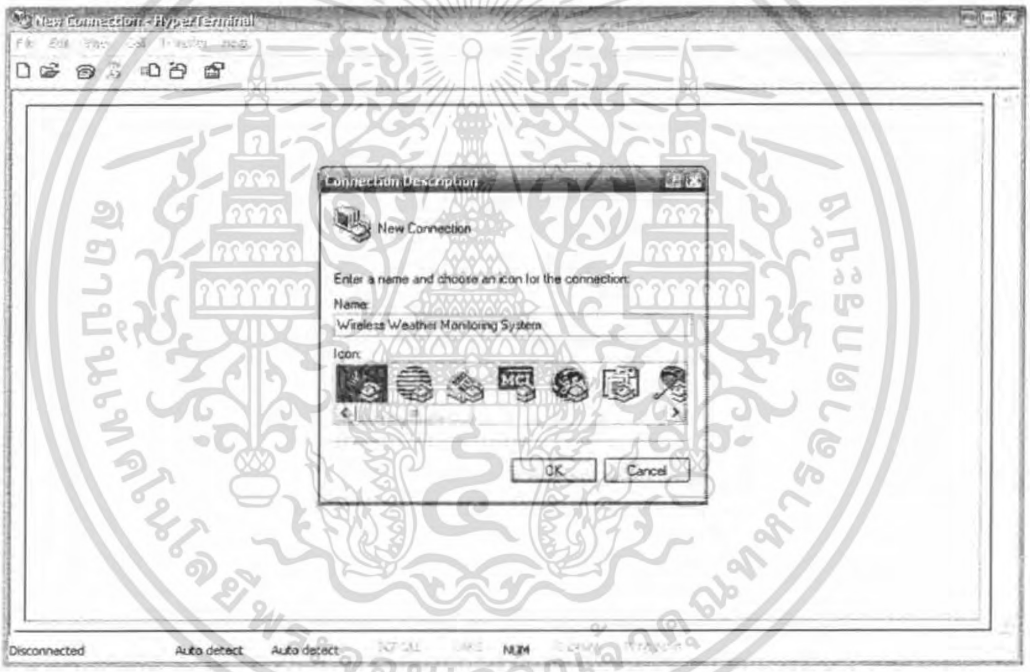
V	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย	LDR	I
0.25	7860	7690	5510	8860	7480	173.6 Ω	1.40 mA
0.50	3040	3020	3040	2530	2907	366.6 Ω	1.36 mA
0.75	1310	1501	1680	1380	1468	582.3 Ω	1.29 mA
1.00	723	833	840	880	819	825.0 Ω	1.21 mA
1.25	504	520	555	543	530	1.10 kΩ	1.12 mA
1.50	360	360	364	322	351	1.41 kΩ	1.00 mA
1.75	243	270	247	248	252	1.78 kΩ	0.98 mA
2.00	195	209	180	212	199	2.20 kΩ	0.91 mA
2.25	140	154	131	176	150	2.70 kΩ	0.83 mA
2.50	100	138	104	107	112	3.30 kΩ	0.76 mA
2.75	83	98	74	103	89	4.03 kΩ	0.68 mA
3.00	67	88	56	80	73	4.95 kΩ	0.61 mA
3.25	51	60	44	46	50	6.13 kΩ	0.53 mA
3.50	41	46	39	39	41	7.70 kΩ	0.45 mA
3.75	32	32	31	32	32	9.90 kΩ	0.38 mA
4.00	23	23	25	22	23	13.20 kΩ	0.30 mA
4.25	17	16	16	18	17	18.70 kΩ	0.23 mA
4.50	14	13	10	13	12	29.70 kΩ	0.15 mA
4.75	8	9	7	6	7	62.70 kΩ	0.076 mA
5.00	4	4	5	4	4	∞	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดลองการดูข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม

<u>วิธีการทดลอง</u>

1) เริ่มต้นด้วยการเรียกโปรแกรม Hyper Terminal ด้วยการคลิกปุ่ม Start > All programs เลือกหัวข้อ Accessories > Communications > Hyper Terminal โปรแกรม Hyper Terminal จะเริ่มการทำงานโดยแสดงหน้าต่าง Connection Description เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนรายละเอียดดังรูปที่ 4.2



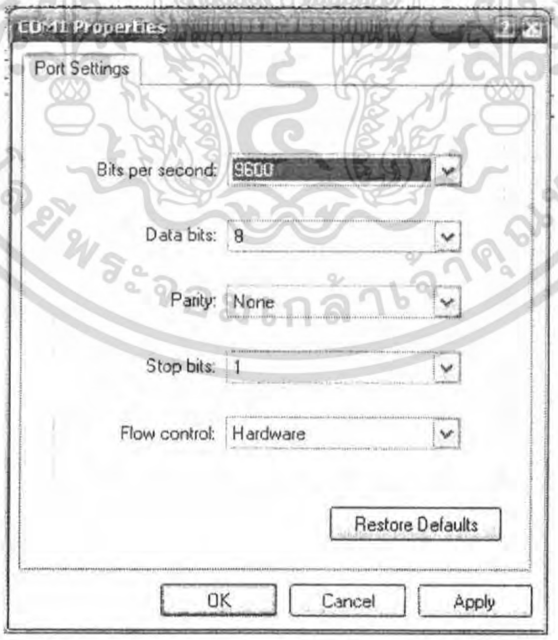
รูปที่ 4.3 หน้าต่าง Connection Description

2) จากนั้นในตั้งชื่อในช่อง Name แล้วคลิกปุ่มOK โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง Connect To ให้เลือกพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กับโปรแกรม Hyper Terminal ที่ช่อง connect using : ให้เลือกพอร์ตอนุกรมที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 หน้าต่าง Connect To เพื่อพอร์ตอนุกรม

3) โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง COM 1 Properties เพื่อกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรม COM 1 ที่ช่อง Bits per second: ให้เลือกเป็น 9600 ช่อง Data bits: เลือก 8 ช่อง Flow Control : เลือก None ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แล้วคลิกปุ่ม OK

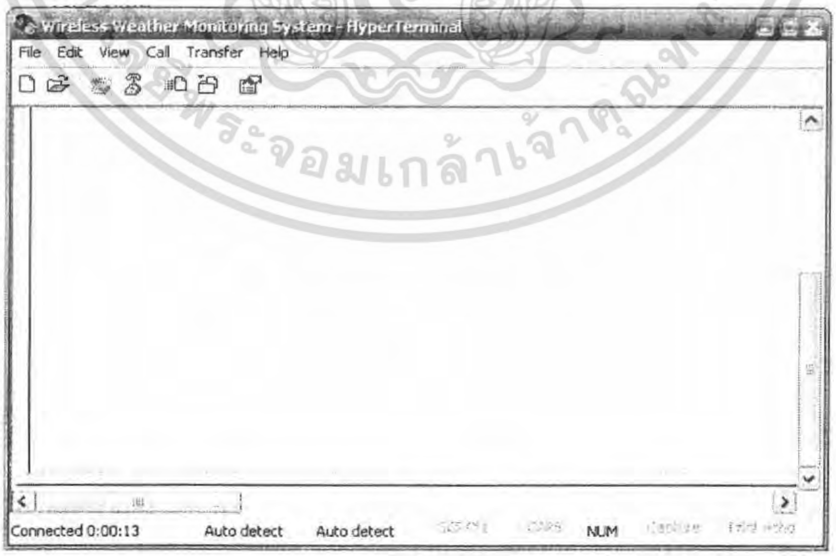


รูปที่ 4.5 หน้าต่าง COM 1 Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เมื่อคลิกปุ่ม OK แล้วโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่างทำงานของโปรแกรม Hyper Terminal จากนั้น Save ไฟล์กำหนดการทำงานของโปรแกรมด้วยการคลิกเมนู File เลือก Save เพื่อเก็บค่าที่ได้ จากนั้นในการเรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal ไม่ต้องกำหนดค่าอีก โดยให้เลือกปุ่ม Start > All programs > Accessories > Communications > Hyper Terminal > Wireless Weather Monitoring System ได้โดยตรง

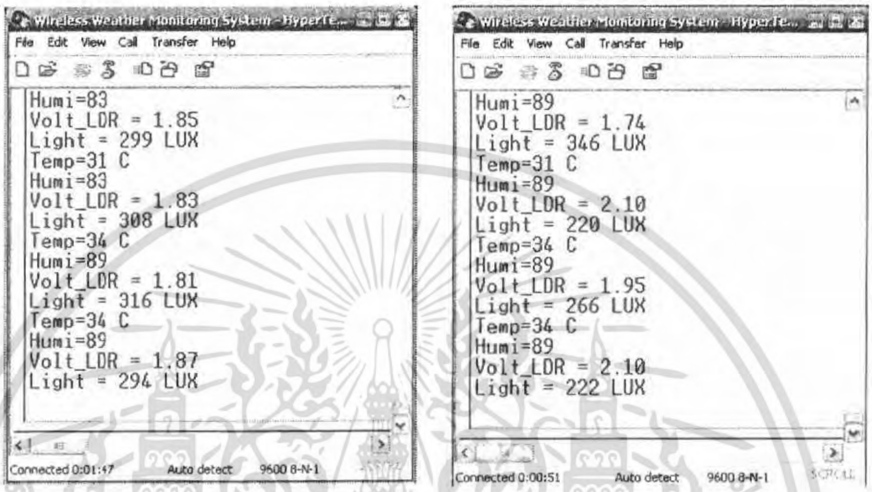
รูปที่ 4.6 การเรียกใช้โปรแกรม Hyper Terminal โดยตรง



รูปที่ 4.7 การเรียกใช้ Wireless Weather Monitoring System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) จากนั้นทำการต่อตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับพอร์ตอนุกรม คลิกปุ่ม Call เพื่อแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนค่าของอุปกรณ์เซนเซอร์ Wireless Weather Monitoring System

6) นำปรอทที่ใช้จริงในห้องทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากตัวเซนเซอร์

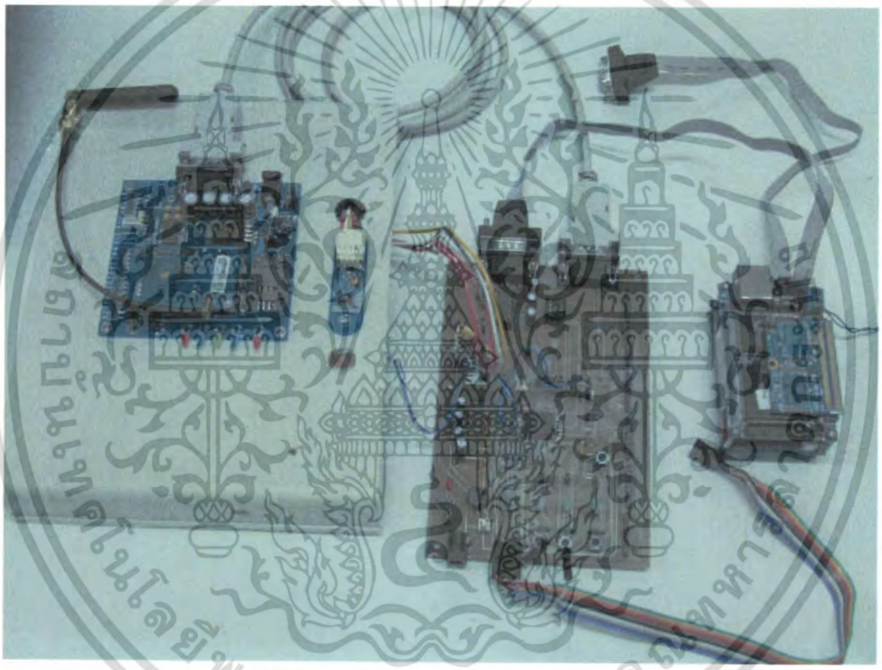
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าจากตัวเซนเซอร์กับปรอทวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดลองการดูข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์

<u>วิธีการทดลอง</u>

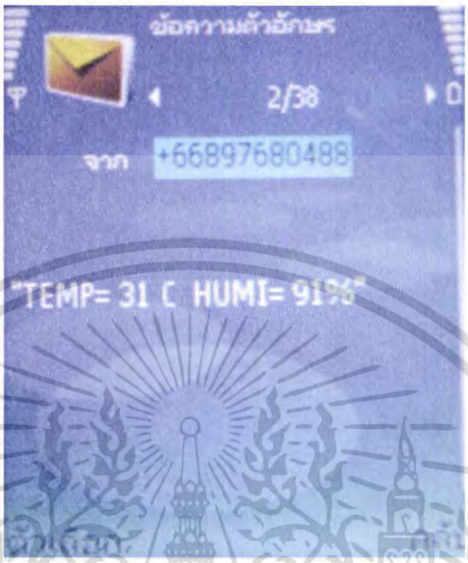
1) เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเซ็นเซอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม
2) เขียนโปรแกรมให้ GSM module รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.10 ส่งที่ได้จากตัวเซนเซอร์เข้า GSM module

3) ถ้าหากผลที่ได้มีอุณหภูมิสูงกว่าที่ระบบกำหนดไว้ระบบก็จะส่งข้อมูลในรูปแบบ SMS ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ดูแล
4) หรือถ้าหากต้องการทราบข้อมูลก็สามารถกดสวิตช์ระบบก็จะส่งข้อมูลรูปแบบ SMS ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ดูแล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



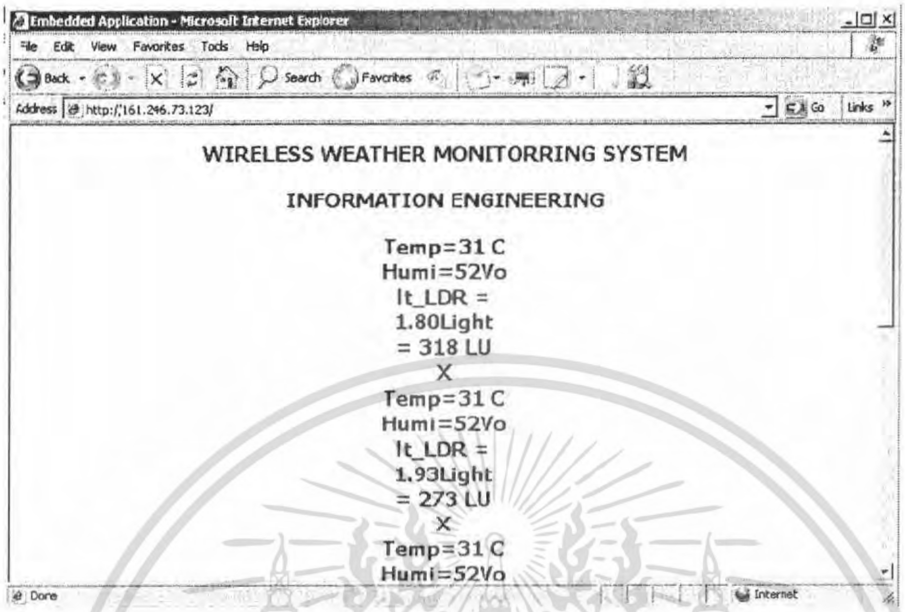
รูปที่ 4.11 ข้อมูลรูปแบบ SMS ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ดูแล

4.4 ทดลองการดูข้อมูลผ่านทางอินเตอร์เน็ต

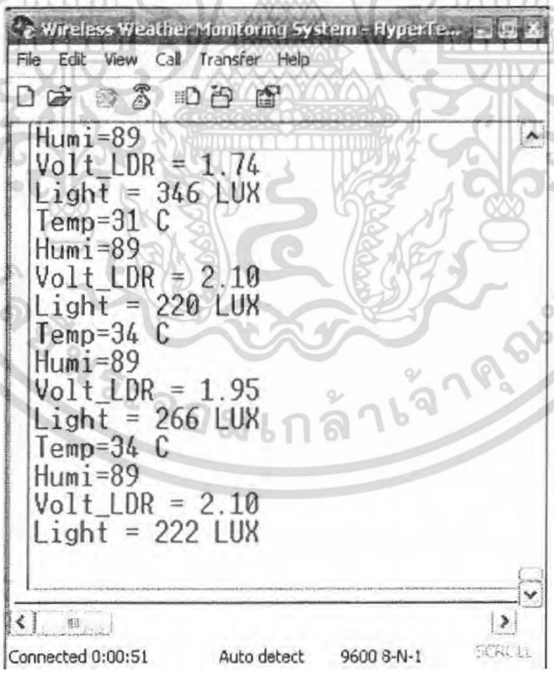
วิธีการทดลอง

1) เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลที่อ่านได้จากตัวเซ็นเซอร์ผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม
2) เขียนโปรแกรมให้ Mity-mite module รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลผ่านทางอินเตอร์เน็ต
3) ผลที่ได้จากการทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งค่าผ่านทางพอร์ตอนุกรมและ Mity-mite module สามารถรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แต่แสดงผลได้ไม่สมบูรณ์ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การแสดงผลผ่านทางอินเตอร์เน็ต



รูปที่ 4.13 การแสดงผลผ่านทางโปรแกรม Hyper Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปผล

เครื่องตรวจสอบสภาพอากาศไร้สายสามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิ , ตรวจวัดค่าความชื้นและค่าปริมาณแสงได้เป็นอย่างดี โดยระบบสามารถทำการตรวจสอบได้ว่าค่าอุณหภูมิที่ตรวจสอบได้มีค่าเกินกว่าที่ตั้งไว้หรือไม่ถ้าหากเกินกว่าที่กำหนดระบบจะส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ดูแลได้โดยอัตโนมัติและระบบสามารถตรวจสอบได้ว่าผู้ใช้มีความต้องการที่จะทราบข้อมูลในขณะนั้นหรือไม่โดยถ้าหากมีการกดสวิทช์เพื่อต้องการทราบข้อมูลระบบก็จะทำการส่งข้อมูลนั้นไปยังเบอร์โทรศัพท์มือถือของผู้ดูแลที่ได้ตั้งไว้ และระบบสามารถแสดงผลผ่านทางอินเตอร์เน็ตได้แต่รูปแบบในการแสดงไม่สวยงาม

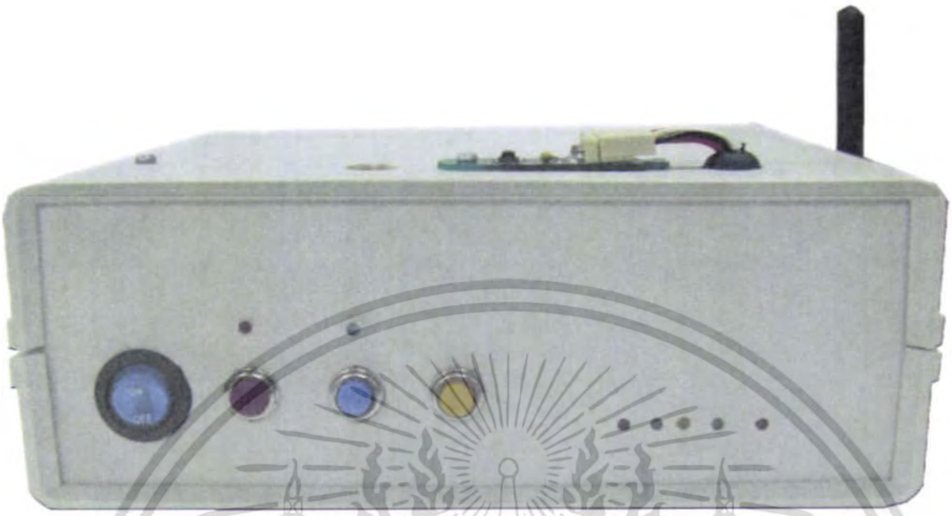
5.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1) พัฒนาเว็บสำหรับส่วนแสดงผลทางอินเตอร์เน็ต
2) พัฒนาในส่วนของติดต่อกับผู้ใช้โดยพัฒนาให้ระบบสามารถระบุถึงหมายเลขโทรศัพท์มือถือของผู้ที่ต้องการรับข้อมูลได้
3) พัฒนาระบบให้สามารถตั้งค่าอุณหภูมิเพื่อที่จะตรวจสอบได้ว่าเกินกว่าหรือน้อยกว่าที่กำหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

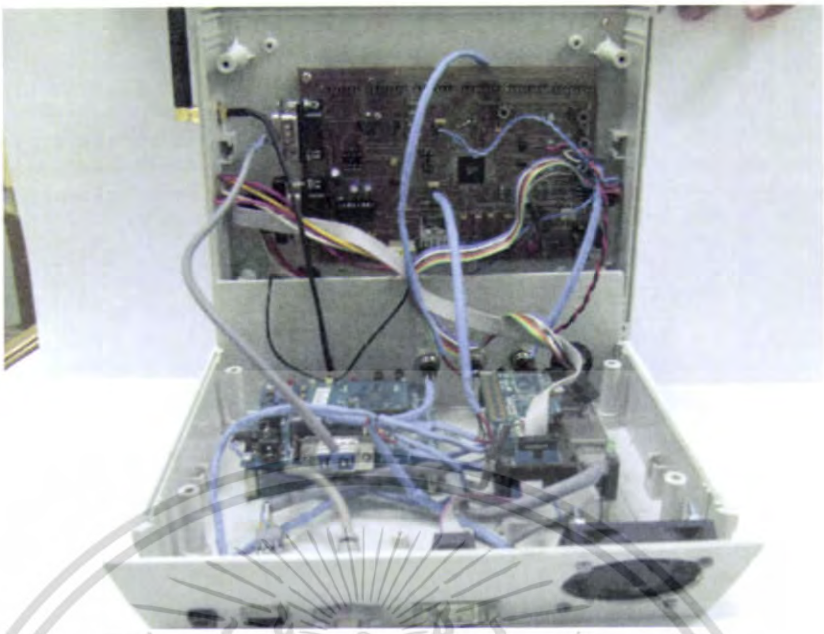
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



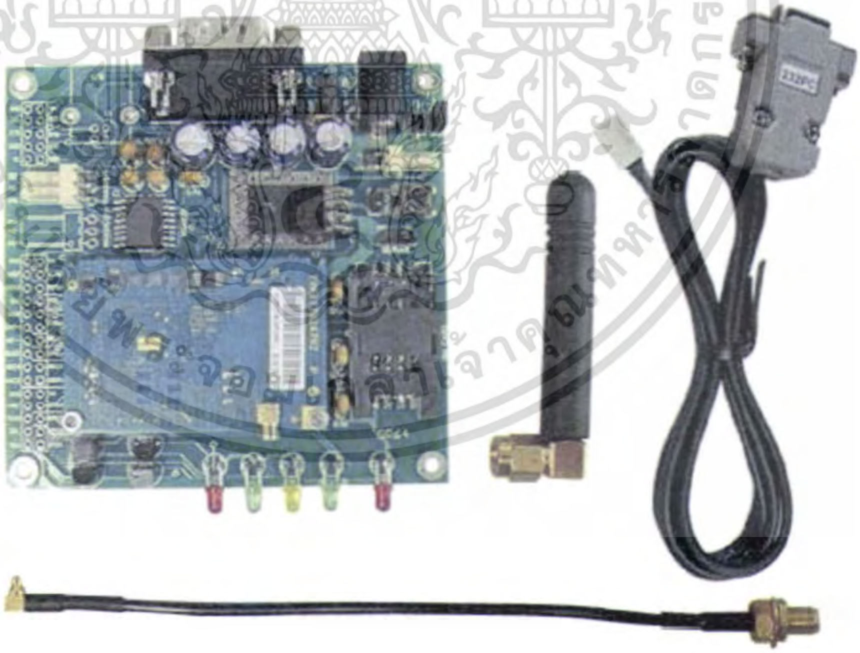
รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของเครื่องต้นแบบ

รูปที่ ก.2 ด้านหลังของเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

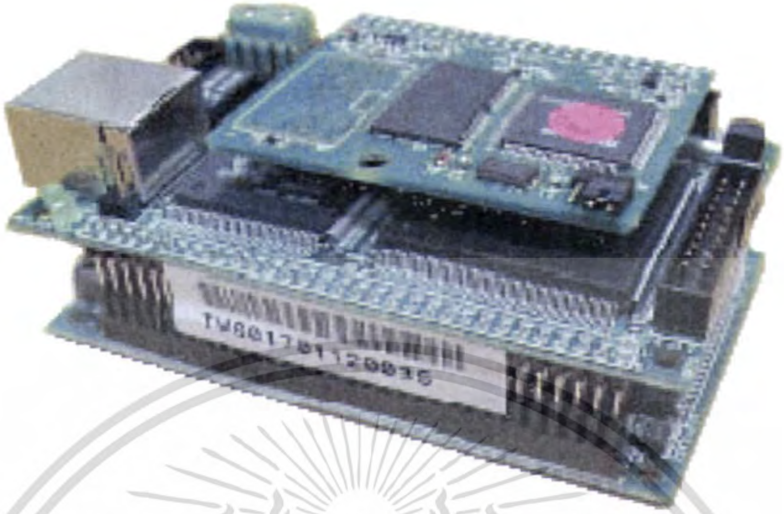


รูปที่ ก.3 ด้านหลังของเครื่องต้นแบบ

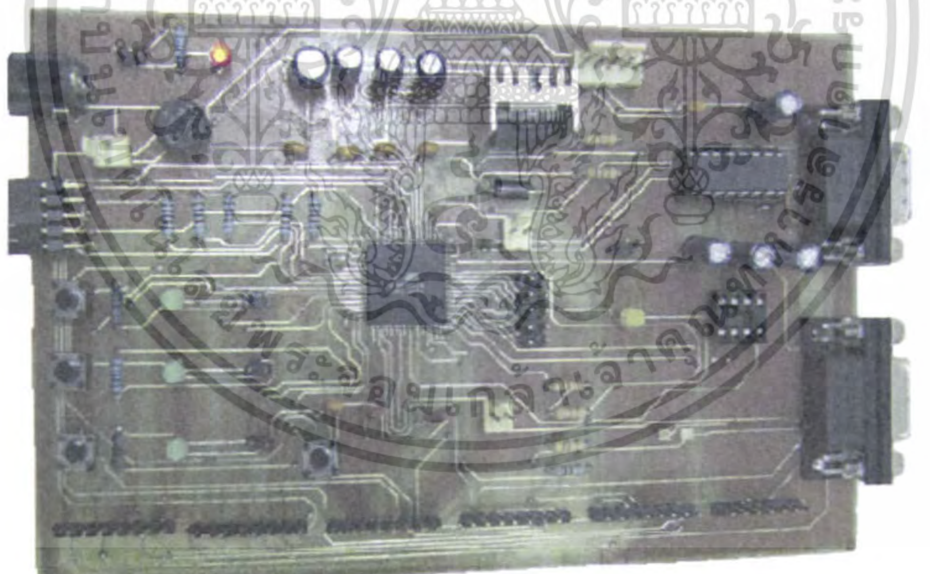


รูปที่ ก.4 GSM module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 Embedded module



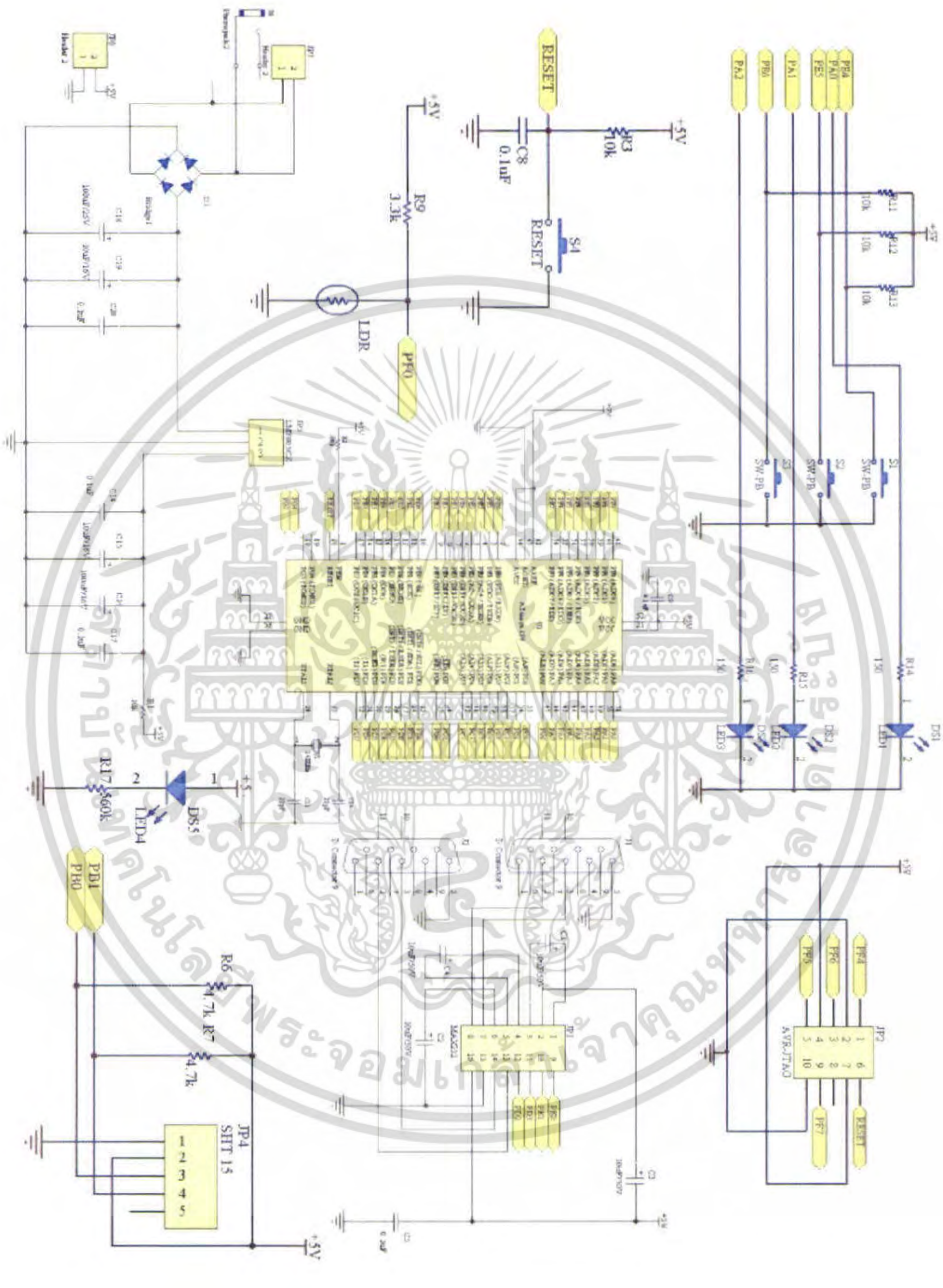
รูปที่ ก.6 บอร์ดวงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

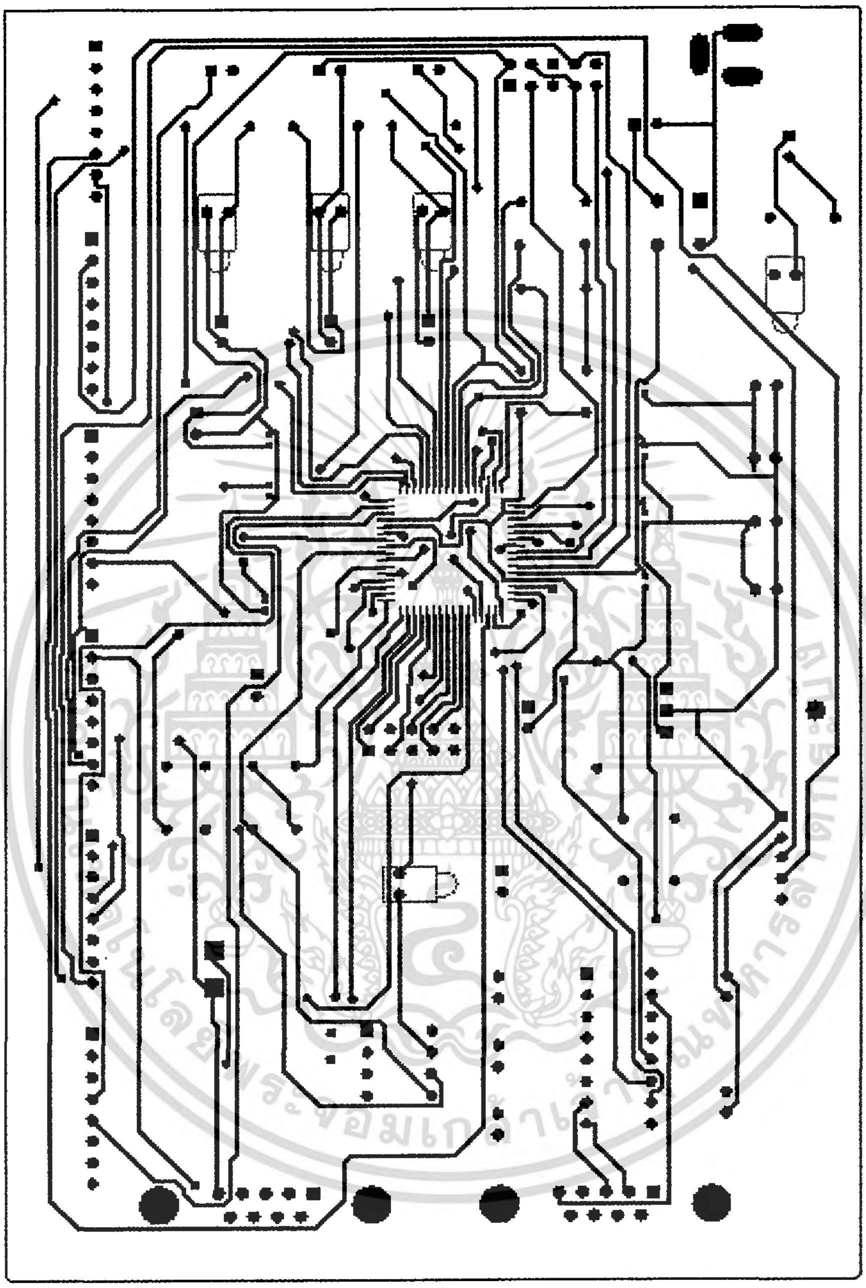
วงจรและแผ่นลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



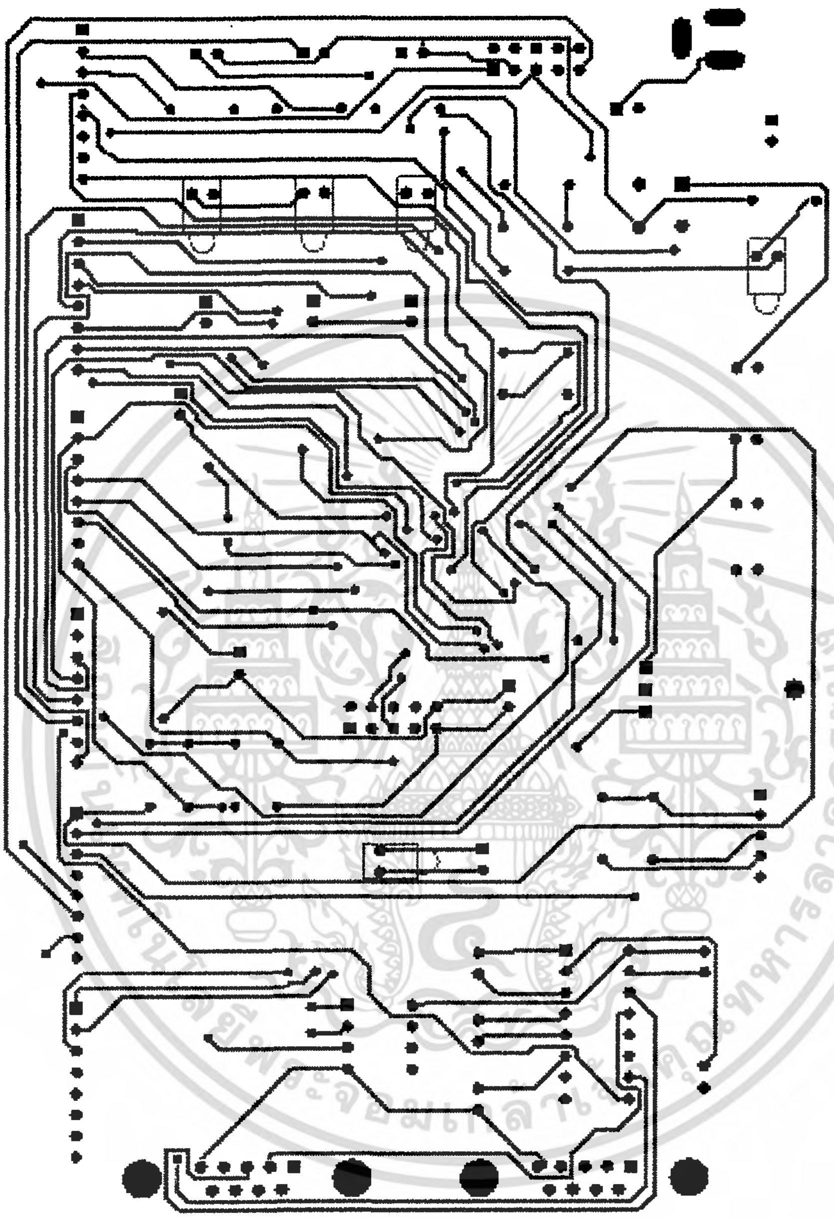
รูปที่ ข.1 วงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



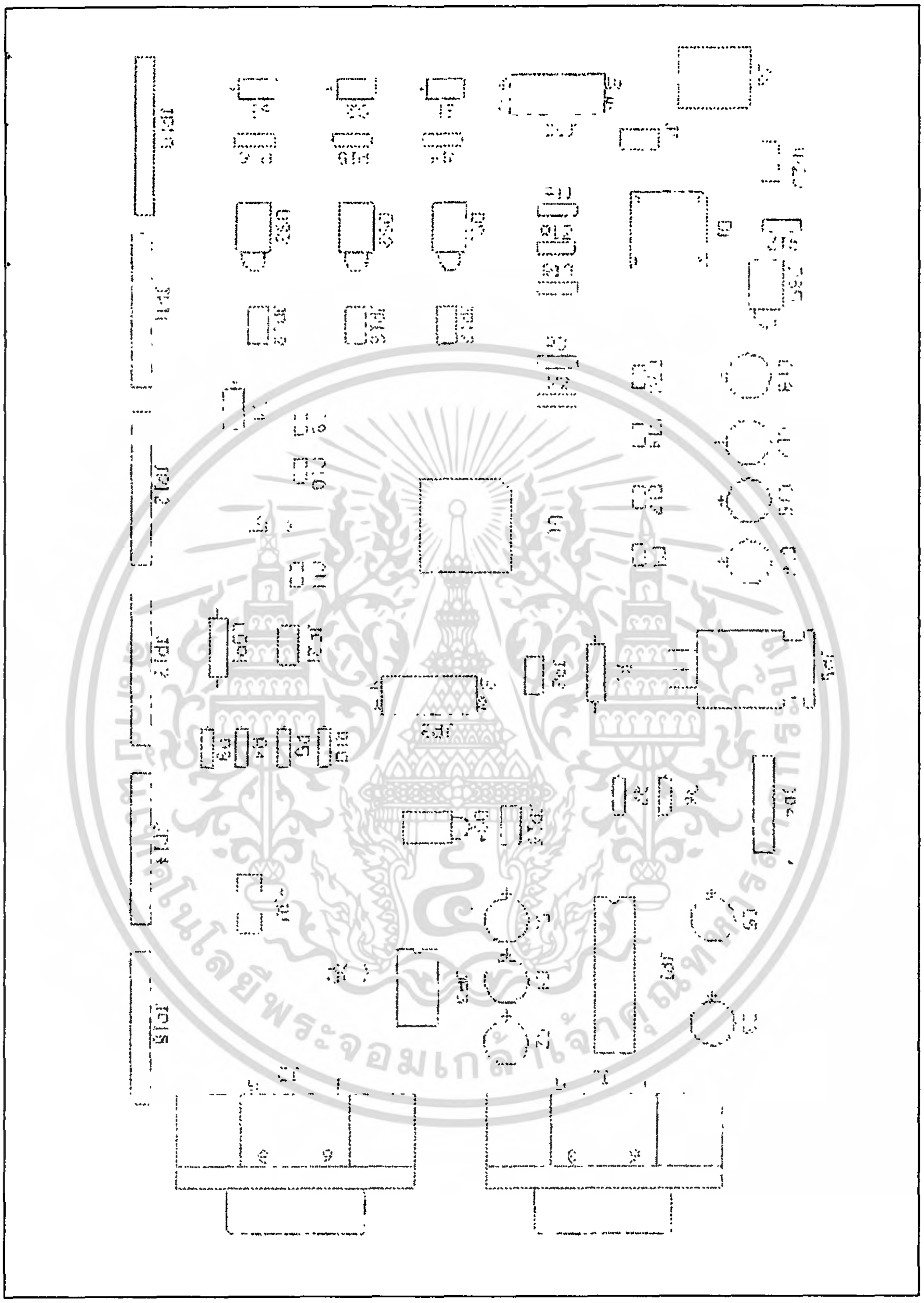
รูปที่ ข.2 ลายวงจรด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3ลายวงจรด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้