สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS

DATA LOGGER AND ALERT SIGNAL BY SMS

โดย

นายวศิน สุขสดเขียว

นายวัชรากร กิจตรงศิริ

นายวิทวัส วงษ์ประเสริฐ

วท.
ก 3570
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83102
วัน,เดือน,ปี - 5 ส.ค. 2551

b 11963360
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS

DATA LOGGER AND ALERT SIGNAL BY SMS

โดย

นายวศิน สุขสดเขียว

นายวัชรากร กิจตรงศิริ

นายวิทวัส วงษ์ประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS

DATA LOGGER AND ALERT SIGNAL BY SMS

ผู้จัดทำ

นายวศิน	สุขสดเขียว	รหัส 47010676
นายวัชรากร	กิจตรงศิริ	รหัส 47010684
นายวิทวัส	วงษ์ประเสริฐ	รหัส 47010704

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS

โดย

นายวศิน สุขสดเขียว รหัส 47010676

นายวัชรากร กิจตรงศิริ รหัส 47010684

นายวิทวัส วงษ์ประเสริฐ รหัส 47010704

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.วรรณดี เพชรมณีล้ำค่า

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอเครื่องมือสำหรับใช้ในการตรวจวัดและบันทึกข้อมูล (Data Logger) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ เครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูลที่นำเสนอนี้ สามารถทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลของสัญญาณทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป โดยทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ลงในหน่วยความจำแบบพกพาขนาดเล็ก (SD-CARD) ตลอดจนส่งสัญญาณเตือนผ่านทางระบบข้อความสั้น (SMS) เมื่อระดับสัญญาณทางไฟฟ้าเกินจากค่าที่ตั้งเอาไว้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมและประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA LOGGER AND ALERT SIGNAL BY SMS

By

Mr.Wasin Suksodkhew

Mr.Watcharakorn Kittrongsiri

Mr.Wittawat Wongprasert

Advisor

Miss Wandee Petchmaneelumka

Academic Year 2007

ABSTRACT

This project presents the data logger, which is widely used in many industrial process systems. The change of the process variables in term of electrical signals which can be measured and recorded by the proposed data logger. The obtained data can be recorded to the SD-CARD. Moreover, this data logger can send an alert signal through the SMS system when the signal values exceeds the set point. Microcontroller is used as a processor to implement the system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จาก อาจารย์วรรดี เพชรมณีล้ำค่าที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่จำเป็น และความช่วยเหลืออื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ธวัชชัย คำศรีที่คอยให้คำปรึกษาในส่วนของการเขียนโปรแกรมรวมทั้งในส่วนของวงจรไฟฟ้า และพี่อภินัย ฤกษ์รัตน์ที่ให้ยืมโทรศัพท์มือถือมาใช้ทดลองในโครงงานนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ กระตุ้นเตือน รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงงานอยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

ผู้จัดทำ
นายวศิน สุขสดเขียว
นายวัชรากร กิจตรงศิริ
นายวิทวัส วงษ์ประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	3
2.1 ทฤษฎีของระบบบัส I^2C	3
2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของระบบบัส I^2C	3
2.1.2 หลักการทำงานของระบบบัส I^2C	5
2.1.3 การทำงานบนระบบบัส I^2C	6
2.1.3.1 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-Bit Addressing)	6
2.1.3.2 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10-Bit Addressing)	7
2.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อบนระบบบัส I^2C	8
2.1.5 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบบัส I^2C	8
2.1.5.1 สภาวะหยุดส่งข้อมูล	8
2.1.5.2 สภาวะการส่งข้อมูลลอจิก “0” และลอจิก “1”	8
2.2 ทฤษฎีของ ADC และ DAC	9
2.2.1 ทฤษฎีของการรวบรวมข้อมูลและการแปลงสัญญาณ	9
2.2.2 ทฤษฎีการสุ่มสัญญาณ	10
2.2.3 การสุ่มและคงค่าสัญญาณ	11
2.2.4 ทฤษฎี Quantizing	13
2.2.5 Quantizer Resolution	14
2.2.6 รหัสตัวเลขสำหรับการเปลี่ยนข้อมูล	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	16
2.3.1 มาตรฐาน EIA RS-232	16
2.3.1.1 คุณสมบัติของ RS – 232	18
2.3.1.2 การจัดขาสัญญาณของ RS-232	18
2.3.1.3 การเชื่อมต่อสัญญาณของ RS-232	18
2.3.2 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมและอัตราบอดในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม	20
2.3.3 การเชื่อมต่อแบบอนุกรมและ UART	22
2.4 การใช้งานระบบ GSM	26
2.4.1 ลักษณะของการส่งข้อความสั้น	27
2.4.2 การรับ-ส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู (PDU-Mode)	27
2.4.3 คำสั่ง AT Command กับมือถือ	34
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	45
3.1 หลักการออกแบบ	45
3.2 องค์ประกอบของโครงงาน	46
3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง	46
3.2.1.1 ความเร็วของ PIC	46
3.2.1.2 หน่วยความจำของ PIC	46
3.2.1.3 สถาปัตยกรรมของ PIC	47
3.2.1.4 คุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์	47
3.2.2 ระบบฐานเวลาจริง	49
3.2.2.1 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง	49
3.2.2.2 การทำงานของ DS 1307	50
3.2.2.3 การจัดสรรหน่วยความจำใน DS1307	51
3.2.2.4 โหมดการทำงานของ DS1307	53
3.2.2.4.1 โหมดการเขียนข้อมูล	53
3.2.2.4.2 โหมดการอ่านข้อมูล	54
3.2.3 เซนเซอร์	54
3.2.3.1 เซนเซอร์ที่มีการส่งข้อมูลแบบดิจิตอล (DS1820)	54
3.2.3.1.1 หลักการเบื้องต้นของไอซี DS1820	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.3.1.2 การอินเตอร์เฟสผ่านสายเส้นเดียว	55
3.2.3.2 เซนเซอร์ที่มีการส่งข้อมูลแบบแอนะล็อก (LM35)	56
3.2.4 หน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา (SD CARD)	57
3.2.4.1 SPI Mode	57
3.2.5 จอแสดงผล แบบ LCD	58
3.2.5.1 Dot Matrix LCD	58
3.2.5.2 Graphic LCD	58
3.2.5.2 การเชื่อมต่อ LCD	59
3.2.6 IC MAX232	59
3.2.6.1 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์	59
3.2.7 โทรศัพท์เคลื่อนที่	61
3.2.8 LM 317T	62
3.2.8.1 วงจรเรกกูเรเตอร์ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตพื้นฐานโดยใช้ LM317T	62
3.2.8.2 สูตรในการคำนวณค่าแรงดัน OUTPUT	63
3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน	64
3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้า	65
3.5 โครงสร้างรวมของโครงงาน	67
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	68
4.1 การทดลองที่ 1	68
4.2 การทดลองที่ 2	71
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	75
5.1 สรุปผลการทดลอง	75
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	75
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ไขพัฒนา	76
เอกสารอ้างอิง	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I^2C	3
2.2 การต่อตัวต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณในระบบบัส I^2C	4
2.3 การต่อตัวต้านทาน R_S เพื่อลดสัญญาณที่อาจเข้ามารบกวนในระบบบัส I^2C	4
2.4 ไดอะแกรมแสดงเวลาที่เกิดสภาวะต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C	6
2.5 การกำหนดแอดเดรสที่ใช้อ้างถึงแบบ 7 บิต	7
2.6 ระบบควบคุมที่มีการประมวลผลข้อมูลแบบดิจิตอล	10
2.7 การวัดค่าความผิดพลาดใน Aperture Time	10
2.8 การสุ่มสัญญาณ	12
2.9 Quantize Transfer Function ขนาด 3 Bit	13
2.10 Quantizing Error	15
2.11 ทรานเฟอร์ฟังชั่นของ ADC 3 บิต ที่ใช้รหัสออฟเซ็ตไบนารี่	15
2.12 การเชื่อมต่อสัญญาณของมาตรฐาน RS-232	19
2.I3 การใช้สัญญาณในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	2I
2.14 การนำ Optoisolator Isolator มาใช้กับสายส่งสัญญาณ RS-232	21
2.15 การแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นอนุกรม	22
2.16 การกำหนดแอดเดรสขนาด 8 บิต	23
2.17 การตรวจสอบความผิดพลาดในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้บิตพาริตี้	24
2.18 การส่งข้อมูลของ UART	24
2.19 สัญญาณคาต้าอินพุทสโตรบ	25
2.20 แสดงลักษณะขั้นตอนการส่งข้อความสั้น	26
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลและสัญญาณเตือน	45
3.2 Pinouts PIC16F4620	48
3.3 การจัดขาของไอซี DS 1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)	49
3.4 โครงสร้างภายในของไอซี สร้างฐานเวลาจริงเบอร์ DS 1307	50
3.5 การจัดสรรหน่วยความจำใน DS 1307	52
3.6 การต่อกับไอซีสร้างฐานเวลาจริง DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล	53
3.7 การต่อไอซีสร้างฐานเวลาจริง DS1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล	54
3.8 แผนผังของระบบบัสแบบ 1- Wire Bus	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 ลักษณะการจัดขาของไอซี DS1820	56
3.10 การรับส่งข้อมูลระหว่าง Master กับ Slave	57
3.11 วงจรการต่อใช้งานจอแสดงผลแบบ LCD	58
3.12โครงสร้างพื้นฐานของโมดูล LCD แบบตัวอักษร	58
3.13 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232	59
3.14 โครงสร้างภายในของ IC MAX232	60
3.15 การต่อใช้งาน MAX232 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	60
3.16 แสดงโทรศัพท์เคลื่อนที่ Siemens รุ่น C45	61
3.17 แสดงพอร์ตต่ออุปกรณ์ภายนอกของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้งานและสายส่งข้อมูล	61
3.18 LM 317T	62
3.19 วงจรเรกกูเรเตอร์พื้นฐาน	62
3.20 วงจรเรกกูเรเตอร์แบบต่อตัวไคโอด	63
3.21 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม	64
3.22 วงจรสมบูรณ์ของส่วนควบคุมการทำงาน	65
3.23 วงจรการชาร์จโทรศัพท์ และ วงจรสำหรับอุปกรณ์ADC	66
3.24 โครงสร้างภายในของเครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS	67
3.25 เครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS	67
4.1 ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์LM35 ที่บันทึกลงในหน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา(SD CARD)	69
4.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์LM35 [T(adc1)] และกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันของ LM35	70
4.3 ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์ LM35 และการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิเกินกว่า 45 อาศาเซลเซียส ที่บันทึกลงในหน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา(SD CARD)	72
4.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์LM35 [T(adc1)] และกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันของ LM35	73
4.5 ลักษณะข้อความที่แจ้งเตือน	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงมาตรฐาน EIA RS-232 แบบ 9 Pin	16
2.2 แสดงมาตรฐาน EIA RS-232 แบบ 25 Pin	17
2.3 คุณสมบัติของ RS – 232	18
2.4 ขาสัญญาณ RS-232 ทั้งแบบ 9 ขาและ 25 ขา	19
2.5 อัตราบอดและช่วงเวลาของแต่ละบิต (ms)	21
2.6 อัตราบอดทั่วไปที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม	23
2.7 แสดงส่วนประกอบของชุดข้อมูลในการส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู	27
2.8 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง	30
2.9 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความสั้น	31
2.10 แสดงวิธีการแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิตเป็นข้อมูล 8 บิตข้อความ “hellohello”	33
2.11 ชุดของตัวแปรของมาตรฐาน GSM 03.38	34
2.12 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CNMI	35
2.13 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSCB	36
2.14 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGF	37
2.15 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSCA	37
2.16 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGL	38
2.17 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGR	39
2.18 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGS	40
2.19 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMSS	40
2.20 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGW	41
2.21 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGD	42
2.22 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSMS	42
2.23 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CPMS	43
2.24 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGC	44
3.1 คุณสมบัติของPIC เบอร์ 18F4620	48
3.2 การเลือกค่าความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ระบบรายงานข้อมูลหรือดาต้าล็อกเกอร์ (Data Logger) ก็เป็นเครื่องบันทึกข้อมูลอีกแบบหนึ่งที่ค่อนข้างได้รับความนิยมในงานอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจุบันพบว่าดาต้าล็อกเกอร์ที่พบในโรงงานมักมีรูปแบบของการทำงานที่จำกัด คือสามารถวัดค่าหรือบันทึกค่าได้เพียงอย่างเดียว ซึ่งก่อให้เกิดความไม่สะดวกในงานที่ต้องการนำข้อมูลทั้งค่าที่วัดและบันทึกได้ ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในกระบวนการผลิต หรือไปทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบอื่นๆ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้นำเสนอเครื่องบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถวัดและบันทึกข้อมูลได้พร้อมๆกัน นอกจากนี้ยังสามารถระบุวันและเวลาที่เริ่มทำงานได้ และยังสามารถกำหนดคาบเวลาในการบันทึกข้อมูลได้ละเอียดถึง 1 วินาที โดยจะทำการบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบพกพาขนาดเล็ก (SD CARD) ทำให้ข้อมูลยังคงอยู่ ถึงแม้ว่าเครื่องบันทึกจะดับหรือเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง พร้อมทั้งยังมีการแจ้งเตือนผ่านทางระบบข้อความสั้น (SMS) เมื่อค่า สัญญาณที่เราวัดได้เกินกว่าค่าที่เราตั้งไว้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาโครงสร้างสถาปัตยกรรม การทำงานและการเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

2. เพื่อศึกษาการนำส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์มาออกแบบประยุกต์ใช้งานจริงร่วมกัน

3. เพื่อพัฒนาโครงงานให้สามารถนำไปใช้จริงได้ในระบบอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถใช้เครื่องมือนี้ตรวจวัดค่าสัญญาณจากเซนเซอร์แบบต่างๆ โดยมีการทำงานตามค่าเวลาจริง (Real Time) ซึ่งตัวเครื่องจะทำการระบุวัน และเวลาที่ทำการวัดทุกครั้งที่มีการบันทึกค่าได้

2. สามารถใช้งานเครื่องมือนี้วัดและบันทึกข้อมูลได้แบบอิสระ แม้ในบริเวณที่ไม่สามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

3. สามารถนำข้อมูลที่เครื่องมือนี้ทำการวัดและบันทึกได้ มาเขียนกราฟเพื่อแสดงผลความสัมพันธ์ต่างๆ โดยใช้โปรแกรมสำหรับเขียนกราฟ เช่น Microsoft Excel ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถส่งสัญญาณเตือนผ่านทางระบบข้อความสั้น(SMS) ไปยังผู้ใช้เพื่อความปลอดภัยในขณะนำไปใช้งานจริงได้

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์ และขอบเขตของโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจักทำเครื่องบันทึกข้อมูลและการเดือนแบบSMS การใช้งานระบบGSM และนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงงาน

บทที่ 3 การดำนวณและการสร้าง กล่าวถึงหลักการออกแบบของโครงงาน องค์ประกอบของโครงงาน รวมถึงแนวคิดในการออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน และการออกแบบวงจรไฟฟ้า

บทที่ 4 การทดลอง เป็นส่วนของการทดสอบองค์ประกอบต่างๆ ในระบบ

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป

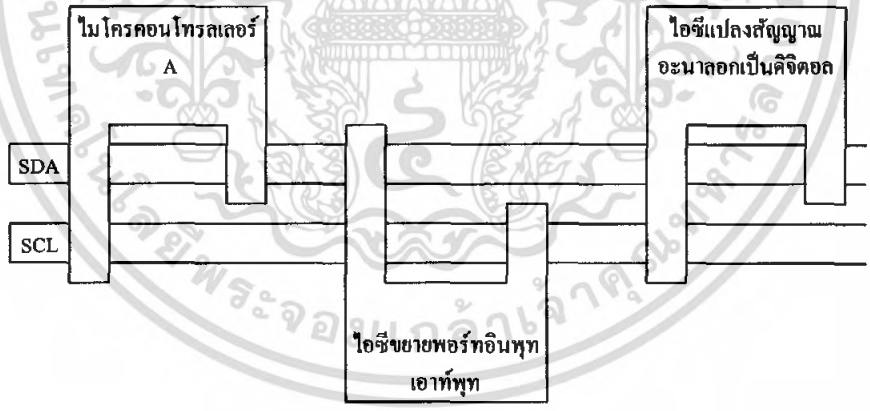
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี หรือ หลักการ

2.1 ทฤษฎีของระบบบัส I^2C

I^2C ย่อมาจากคำว่า Inter - IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซีซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นโดยบริษัทฟิลลิปส์จำกัด โดยมีจุดมุ่งหมาย คือ ต้องการให้ไอซี หรือโมดูลสามารถติดต่อสั่งงานและควบคุมการทำงานภายใต้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ สายข้อมูลแบบอนุกรมหรือ SDA (Serial Data Line) และสายสัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock Line) ซึ่งใช้ในการกำหนดจังหวะของการทำงาน

การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C สามารถทำได้โดยต่อสายข้อมูลแบบอนุกรมและสายสัญญาณนาฬิกาแบบอนุกรมแต่ละตัวขนานกัน แล้วกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งที่ใช้ในการติดต่อกัน ซึ่งอุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้การกำหนดรหัสข้อมูล และสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสแตกต่างกัน เช่น ไอซีขยายพอร์ตอินพุท/ เอาท์พุท (I/O Expander) ไอซีแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter, ADC) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก (Digital to Analog Converter, DAC) หรือไอซีเรียลไทม์คล็อก (Real Time Clock , RTC) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ บนระบบบัส I^2C

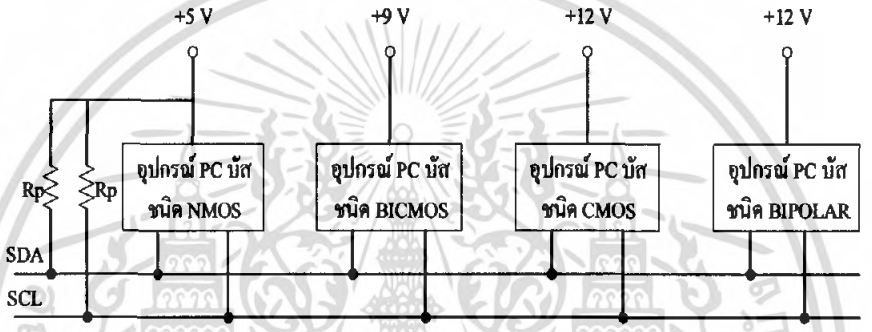
2.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของระบบบัส I^2C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (Bi-directional Line) ซึ่งต้องต่อกับตัวต้านทานพูลอัพกับแรงดัน +5 V โดยขณะทำงานจะต้องต่อวงจรดังกล่าวเสมอ เพื่อให้สายสัญญาณมีสถานะลอจิกสูง และช่วยป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสองเส้น วงจรเอาท์พุทของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนระบบบัส I^2C จะมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

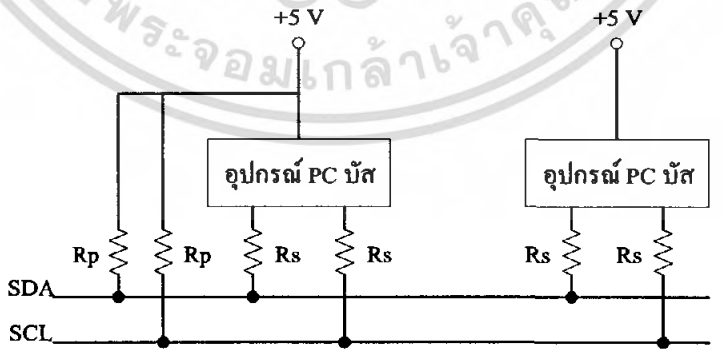
(Open Drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (Open Collector) มีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนระบบบัส I^2C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (Standard Mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาที ในโหมดความเร็วสูง(Fast Mode) อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่บนระบบบัส I^2C จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 ρF ส่วนการส่งข้อมูลบนระบบบัส I^2C จะใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่าคือ 7 บิต (7-Bit Addressing) หรือ 10 บิต (10-Bit Addressing)

การเชื่อมต่อของระบบบัส I^2C สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยใช้ไฟเลี้ยงที่ไม่เท่ากันได้ โดยต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ (R_p) เข้ากับแรงดัน +5V ไว้เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การต่อตัวต้านทานพูลอัพบนสายสัญญาณในระบบบัส I^2C

ในกรณีที่เกิดแรงดันไฟฟ้าขนาดใหญ่เข้ามารบกวนในระบบบัส I^2C ที่ขา SDA หรือ SCL ต้องต่อตัวต้านทาน R_s อนุกรมกับขา SDA และ SCL ก่อนต่อเข้าสู่ระบบบัส I^2C ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การต่อตัวต้านทาน R_s เพื่อลดสัญญาณที่อาจเข้ามารบกวนในระบบบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หลักการทำงานของระบบบัส I^2C

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ระบบบัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น คือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อบนระบบบัส I^2C จะมีการกำหนดรูปแบบการติดต่อบนระบบบัส หรือที่เรียกว่า โปรโตคอล (Protocol) ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (Transmitter) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลเรียกว่า ตัวรับ (Receiver) อุปกรณ์บนระบบบัส I^2C เป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง อุปกรณ์บางอย่างจะทำหน้าที่เป็นตัวรับอย่างเดียว แต่จะไม่มีอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว อุปกรณ์ที่ทำหน้าควบคุมจังหวะการติดต่อบนระบบบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (Master) ส่วนอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่พ่วงต่อเข้าไปบนระบบบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (Slave)

การติดต่อบนระบบบัส I^2C มีข้อกำหนด 2 ประการ ดังนี้

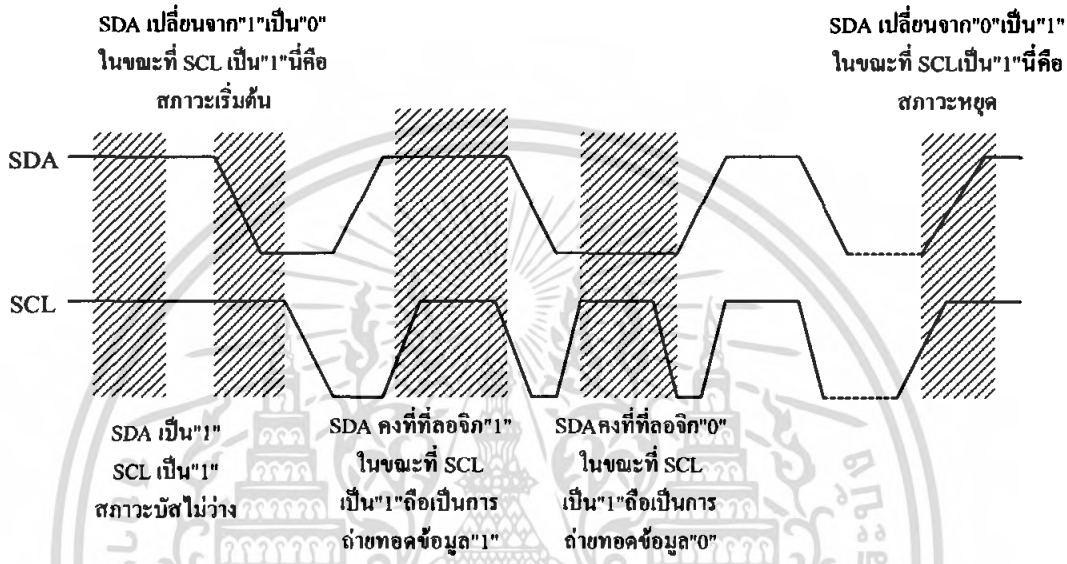
1. การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อระบบบัสว่างเท่านั้น
2. ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลจะรักษาข้อมูลเดิมไว้ และไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากสัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

สภาวะที่เกิดขึ้นบนระบบบัส I^2C มี 5 สภาวะ ดังนี้

1. บัสว่าง (Bus Not Busy) สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นคือ การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้
2. เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล (Start Data Transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกว่าสภาวะเริ่มต้น (START)
3. หยุดการถ่ายทอดข้อมูล (Stop Data Transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการแปลงเปลี่ยนระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกว่า สภาวะหยุด (STOP)
4. ข้อมูลดำรงอยู่บนระบบบัส (Data Valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่า เป็นลอจิก “0” หรือ “1” ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้น ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดเกิดความผิดพลาด
5. รับรู้ข้อมูล (Acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูล 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้(Acknowledge Bit) มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการ ส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาเพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ส่วนตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนระบบบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะสร้างบิตรับรู้ เพื่อตอบสนองว่าได้รับข้อมูลในแต่ละบิตเรียบร้อยแล้ว ไดอะแกรมแสดงเวลาที่เกิดสภาวะต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C แสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมแสดงเวลาที่เกิดสภาวะต่าง ๆ บนระบบบัส I^2C

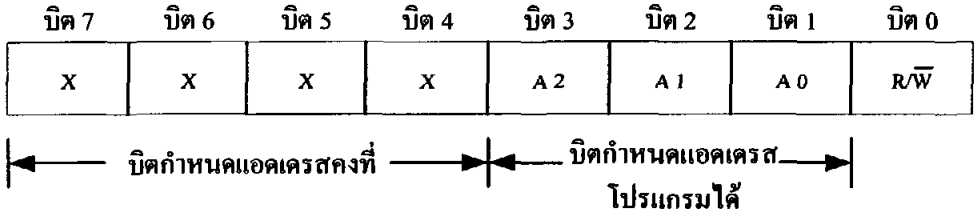
2.1.3 การทำงานบนระบบบัส I^2C

หลักการทำงานของระบบบัส I^2C ที่สำคัญ คือ การกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการเลือกการอ้างถึง ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบคือ การอ้างถึงแบบ 7 บิต และ 10 บิต โดยจะเลือกพิจารณาจากอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนระบบบัส I^2C ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนระบบบัส I^2C น้อยกว่า 127 แอดเดรส จะเลือกใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนระบบบัส I^2C มากกว่า 127 แอดเดรส จะต้องเลือกใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

2.1.3.1 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-Bit Addressing)

ข้อมูลไบต์แรกจะเกิดขึ้นหลังสภาวะเริ่มต้น กล่าวคือ มีการกำหนดข้อมูลแอดเดรสที่ต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์อื่น ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การกำหนดแอดเดรสที่ใช้อ้างถึงแบบ 7 บิต

ใน 7 บิตบน และบิต MSB จะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (Fixed Address Bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัวถูกกำหนดมาจากผู้ผลิต บิตต่อมาอีก 3 บิต เป็นบิตกำหนดตำแหน่ง(Programmable Address Bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้ขา A0-A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อบนระบบบัส I^2C ส่วนในแบบ LSB จะเป็นการกำหนดการอ่าน หรือเขียนข้อมูลสำหรับอุปกรณ์สเลฟนั้น ๆ หากบิต LSB มีลอจิกเป็น "0" หมายถึง มีการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น แต่ถ้ามีลอจิกเป็น "1" จะมีการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (Control Byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกัน เช่น ไอซีขยายพอร์ตมีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดค่าบิตอินพุท/เอาท์พุท หรือไอซี ADC/DAC เป็นข้อมูลควบคุมเพื่อกำหนดวงจรมีการทำงานเป็นแบบ ADC หรือ DAC เป็นต้น ข้อมูลในไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดข้อมูลจริง เมื่อมีการถ่ายทอดข้อมูลลงในแต่ละไบต์แล้ว อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อ จะต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้

2.1.3.2 การอ้างถึงแบบ 10 บิต (10-Bit Addressing)

ในการอ้างถึงแบบ 10 บิตนี้ จะยังคงมีข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกันกับแบบ 7 บิตอยู่ แต่จะมีข้อมูลเพิ่มขึ้นมา ข้อมูลในไบต์แรกหลังเกิดสภาวะเริ่มต้น บิต MSB ต้องกำหนดให้ 5 บิตแรก มีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ ส่วนบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกจะเป็นการกำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อ ข้อมูลต่อมาเป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย แล้วจึงเป็นไบต์ของข้อมูลควบคุมและไบต์ของข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง จะเห็นได้ว่า การอ้างถึงแบบ 10 บิตจะมีลักษณะเช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต เมื่อมีการถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบต์แล้ว จะเกิดสภาวะรับรู้ขึ้น เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อบนระบบบัส I^2C

ระบบบัส I^2C เป็นระบบที่มีสายสัญญาณเพียง 2 เส้น มีการขยายระบบไมโครคอลโทรลเลอร์ ที่มีจำนวนอินพุท/ เอาท์พุท และหน่วยความจำที่จำกัด จึงทำให้ต้องมีอุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ในการเชื่อมต่อบนระบบบัส I^2C ซึ่งจะทำให้เกิดการทำงานได้อย่างหลากหลาย เช่น

1. ไอซีขยายพอร์ตอินพุท/ เอาท์พุท (I/O Expander): PCF8574, PCF8582, PCF8584
2. ไอซีอีพรอมอนุกรม(Serial EEPROM): 24Cxx, PCF8570, PCF72/73, PCF8582
3. ไอซี ADC/DAC: PCF8591
4. ไอซีเรียลไทม์คล็อก(Real-Time Clock, RTC) : PCF8583, PCF8593, PCF8598, 41T56c
5. ไอซีขับ LCD (LCD Driver): PCF8466, PCF8576, PCF8577/78, PCF8579, SAA1064
6. ไอซีกำเนิดสัญญาณ DTMF(DTMF Generator) : PCD3311/12

2.1.5 การเขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบบัส I^2C

เริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะมาตรฐานของระบบบัส I^2C ซึ่งประกอบด้วย 2 สภาวะ ได้แก่ สภาวะหยุดและการสร้างสัญญาณนาฬิกาบนขา SCL และสภาวะเริ่มต้นการส่งข้อมูล

2.1.5.1 สภาวะหยุดส่งข้อมูล

1. กำหนดขา SCL และ SDA เป็นลอจิก "0" ทั้งคู่ก่อน
2. กำหนดขา SCL ให้มีลอจิกเป็น "1" โดย SDA ยังมีลอจิกเป็น "0"
3. กำหนดขา SDA ให้มีลอจิกเป็น "1" ซึ่งจะทำให้ระบบกลับสู่บัสว่างอีกครั้ง พร้อมที่จะรับหรือส่งข้อมูลต่อไป

2.1.5.2 สภาวะการส่งข้อมูลลอจิก "0" และลอจิก "1"

เมื่อทำการส่งบิตเริ่มต้นแล้ว จะต้องส่งข้อมูลควบคุมตามไปด้วย ซึ่งจะเป็นการส่งลอจิก "0" และลอจิก "1"

สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "0" มีขั้นตอนการส่งดังนี้

1. กำหนดขา SDA ให้มีลอจิกเป็น "0" สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "0"
2. กำหนดขา SCL ให้มีลอจิกเป็น "1" เพื่อป้อนสัญญาณนาฬิกา โดยขา SDA ยังมีลอจิกเป็น "0"
3. กำหนดขา SCL ให้กลับมามีสถานะเป็นลอจิก "0" อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "1" มีขั้นตอนการส่งดังนี้

1. กำหนดขา SDA ให้มีลอจิกเป็น "1" สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก "1"

2. กำหนดให้ SCL ให้มีลอจิกเป็น "1" สำหรับการส่งสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคงมีลอจิกเป็น "1"

3. กำหนดขา SCL ให้กลับมามีสถานะเป็นลอจิก "0" อีกครั้ง

2.2 ทฤษฎีของ ADC และ DAC

2.2.1 ทฤษฎีของการรวบรวมข้อมูลและการแปลงสัญญาณ

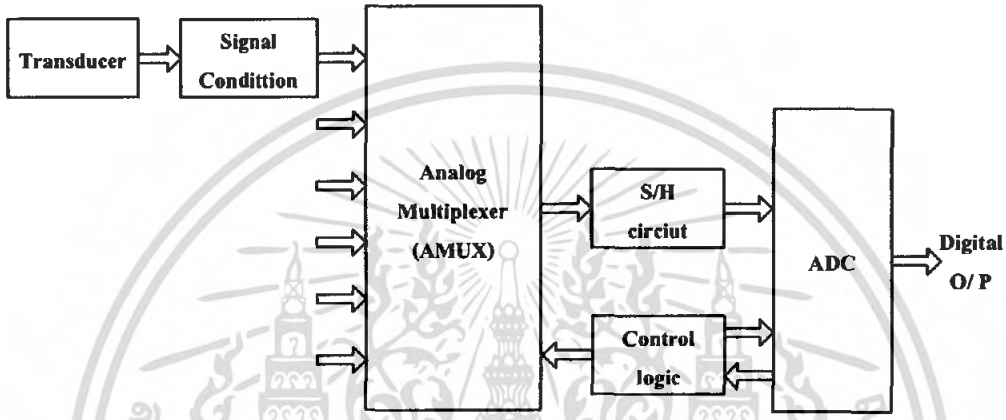
รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่อง เรียกว่า สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) เป็นการนำเอาสัญญาณไฟฟ้ามาทำการประมวลผล (Process) เพื่อให้มีรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งจะกระทำในรูปแบบของสัญญาณแอนะล็อก แต่เมื่อเทคนิคและอุปกรณ์ในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลได้รับการพัฒนาขึ้นมา ซึ่งพบว่าในการประมวลผลหรือนำเสนอข้อมูลจะกระทำได้ง่ายกว่า ดังนั้น ในการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณ (Conversion) จึงนิยมแสดงระบบควบคุมที่ใช้การประมวลผล หรือนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของระบบดิจิตอล ดังรูปที่ 4.1 แสดงถึงระบบควบคุมที่มีการประมวลผลข้อมูลแบบดิจิตอล ระบบดังกล่าวเป็นระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical Process) ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่มีความต่อเนื่อง (สัญญาณแอนะล็อก) จะถูกทรานส์ดิวเซอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับรูปแบบทางกายภาพปรับแต่งสัญญาณไฟฟ้า เช่น วงจรขยาย วงจรฟิลเตอร์ เป็นต้น ส่วนวงจร ADC จะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งตัวประมวลผลทางดิจิตอล (Digital Process) จะจัดการกับข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผล หรือนำเสนอในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล หรืออาจถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณแอนะล็อกโดยวงจร DAC เพื่อทำการป้อนกลับไปตามระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ในระบบที่มีหลาย ๆ ข้อมูลในเวลาเดียวกัน หากวงจร ADC สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ก็ไม่จำเป็นต้องใช้วงจร ADC หลายๆ ตัว แต่จะใช้วิธีการแบ่งเวลา (Time Sharing) โดยวิธี Multiplex วงจรสุ่มตัวอย่างและคงค่า (Sampling and Hole, S/H) ซึ่งวงจรจะสุ่มขนาดของสัญญาณแอนะล็อกมาเก็บไว้ชั่วขณะ แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณดิจิตอลจะถูกส่งต่อไปยังระบบบัส ซึ่งจะทำการประมวลผลสัญญาณที่ได้รับ จากนั้นผลของสัญญาณจะถูกส่งกลับออกมาเพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณแอนะล็อก แล้วจึงเริ่มทำการสุ่มสัญญาณใหม่

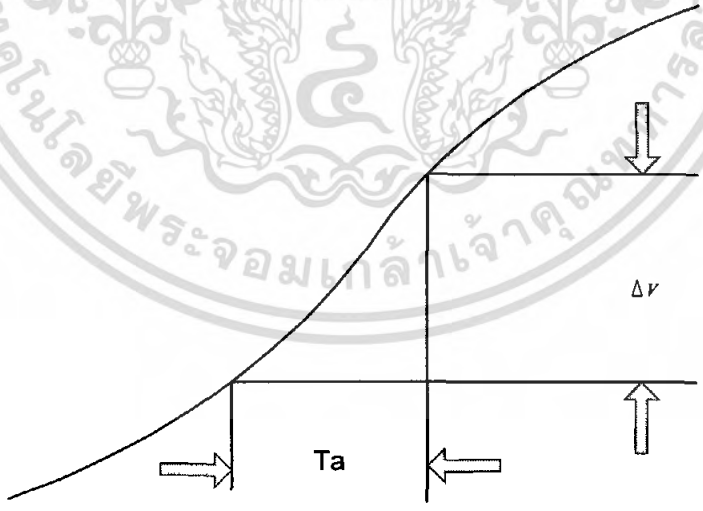
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ทฤษฎีการสุ่มสัญญาณ

ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้น วงจร ADC จะต้องใช้เวลาในการประมวลผล ซึ่งช่วงเวลาในการประมวลผลนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น การเปลี่ยนระดับสัญญาณและความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์ร่วมอื่น ๆ การกำหนดความเร็วของการแปลงระดับของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของงานนั้น ๆ หรือตามตำแหน่งของความแม่นยำที่ต้องการ



รูปที่ 2.6 ระบบควบคุมที่มีการประมวลผลข้อมูลแบบดิจิตอล



รูปที่ 2.7 การวัดค่าความผิดพลาดใน Aperture Time

ช่วงเวลาในการแปลงสัญญาณ หมายถึง ช่วงเวลาที่เกิดความไม่แน่นอนในการวัด ซึ่งเรียกว่า Aperture Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7 สัญญาณแอนะล็อก $V(t)$ มีอัตราการเปลี่ยนแปลง $\frac{dv}{dt}$ ในช่วง Aperture Time , T_a ดังนั้น ช่วงการเปลี่ยนแปลงแอนะล็อกจึงมีค่าเท่ากับ ΔV โดย

$$\Delta V = T_a . \frac{dv}{dt} \tag{2.1}$$

ดังนั้น เวลาที่วงจร ADC ใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณในช่วงเวลา T_a นั้นสัญญาณดิจิตอลจะมีขนาดเท่ากับสัญญาณแอนะล็อกใดค่าหนึ่งในช่วงเวลานั้น ซึ่งเรียกค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้ว่า Aperture Time Error

ตัวอย่าง กรณีที่สัญญาณอินพุทเป็นรูปคลื่นซายน์ โดยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงบนรูปคลื่นจะเกิดขึ้นสูงสุดบริเวณจุดตัดแกนเวลา รอบ ๆ จุดศูนย์โวลต์ (Zero Crossing) และมีค่าAperture Time Error คือ

$$\Delta V = T_a . \frac{d(A\sin \omega t)_{t=0}}{dt} = T_a . A\omega \tag{2.2}$$

และค่าความผิดพลาดรวม ($\mathcal{E}$) จะคิดจากอัตราส่วนของขนาดรูปคลื่นเต็มสเกล คือ

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{2A} = \pi . T_a \tag{2.3}$$

ดังนั้น ถ้าต้องการเปลี่ยนสัญญาณรูปซายน์ความถี่ 1 KHz ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด10 บิต ซึ่งต้องการให้มีค่าความละเอียดมากกว่าค่าความผิดพลาด เท่ากับ $\frac{1}{2}^{10}$ หรือมีค่าเท่ากับ 0.001 ดังนั้น เวลา Aperture Time จะอยู่ในช่วง

$$T_a = \frac{\varepsilon}{\pi} = \frac{0.001}{3.14} \times 1{,}000 = 320 \times 10^{-9} \tag{2.4}$$

จะเห็นได้ว่าวงจร ADC ที่มีความเร็วสูง จะใช้เวลาในการเปลี่ยนสัญญาณที่มีความถี่ 1 KHz ให้เป็นรหัสขนาด 10 บิต ซึ่งจะใช้เวลาทั้งหมด 320×10^{-9} วินาที นอกจากนี้ยังมีวิธีการใช้การสุ่มและคงค่าสัญญาณ ซึ่งจะทำได้ง่ายและราคาถูกกว่าด้วย

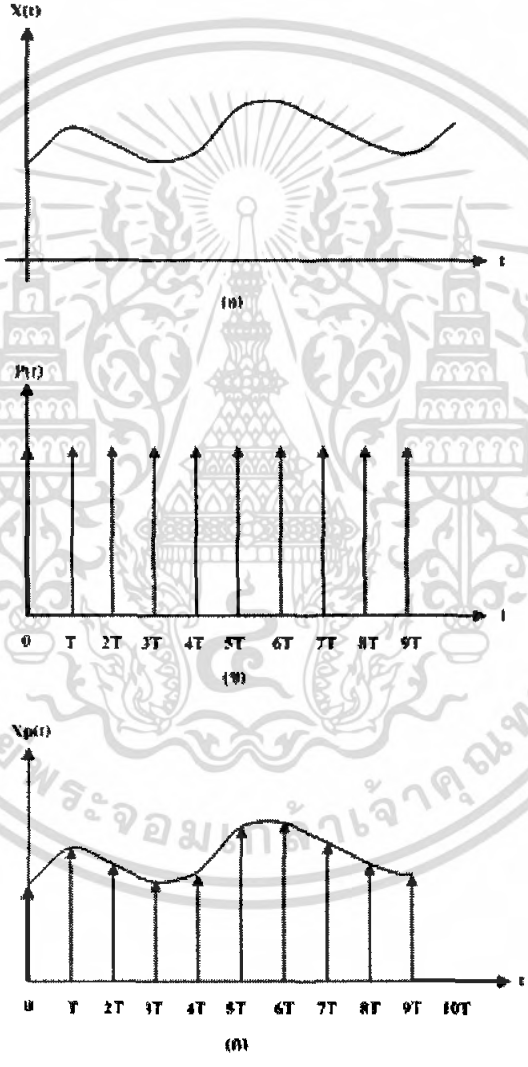
2.2.3 การสุ่มและคงค่าสัญญาณ

การสุ่มและคงค่าสัญญาณ คือ เวลาตั้งแต่เริ่มสุ่มสัญญาณจนเกิดการเก็บประจุค่าแรงดันจนถึงค่าที่สุ่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับแบนด์วิดธ์และช่วงเวลาในการสวิทซ์ (Switching Time) ซึ่งวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (Sample and Hold) จะทำการสุ่ม (Sampling) ค่าสัญญาณอินพุทและนำมาเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Hold) ไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในการประจุแรงดันที่มีการรั่วไหลต่ำ

ในการสุ่มสัญญาณแอนะล็อก จะเลือกสุ่มเป็นระยะๆ ซึ่งมีค่าคงที่ตามรูปที่ 2.8 การสุ่มจะเป็นการตัดต่อสัญญาณแอนะล็อกในช่วงเวลาที่สั้นๆ โดยสวิทช์จะทำงานด้วยความเร็วสูง ผลของการสุ่มสัญญาณด้วยความเร็วจะเสมือนกับการคูณกลุ่มสัญญาณพัลส์แคบๆ กับสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งจะได้เป็นสัญญาณมอดูเลท (Modulate) ระหว่างกลุ่มการพัลส์กับสัญญาณแอนะล็อก จากทฤษฎีของการสุ่ม "ถ้าสัญญาณต่อเนื่องมีความถี่ฮาร์โมนิคส์ที่มีอัตราการสุ่มมากกว่าการถูกสุ่มแล้ว สัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้โดยไม่เกิดการผิดเพี้ยน"



รูปที่ 2.8 การสุ่มสัญญาณ

(ก) สัญญาณแอนะล็อกอินพุท

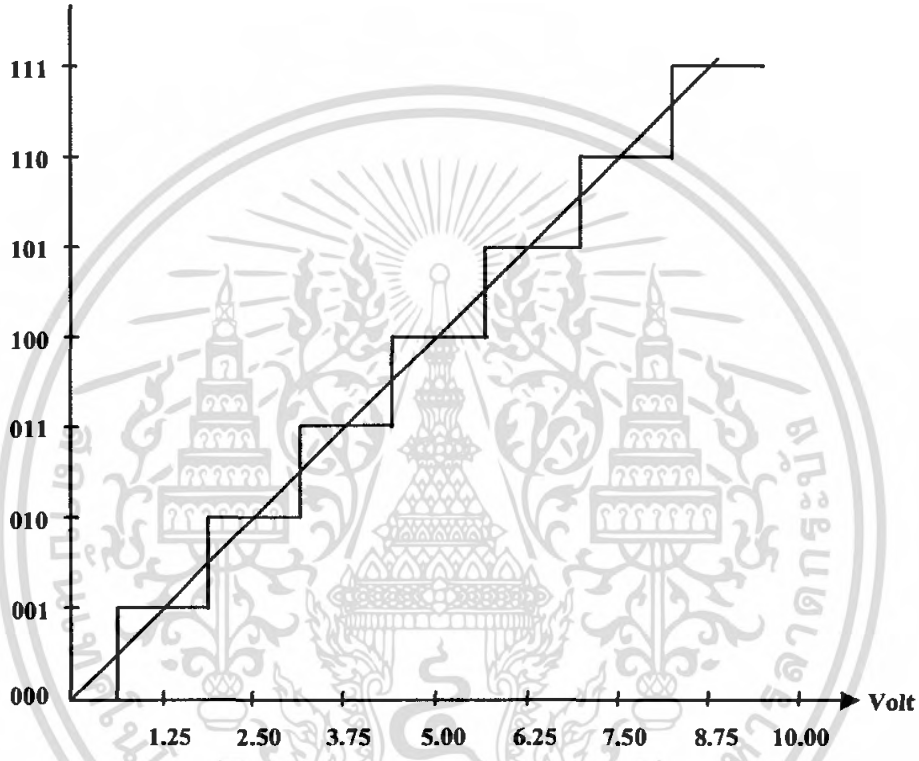
(ข) พัลส์ที่มาสุ่มสัญญาณ

(ค) สัญญาณแอนะล็อกหลังการสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ทฤษฎี Quantizing

Quantizing คือ การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกที่มีความต่อเนื่อง เป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องหลังการสุ่ม ซึ่งมีกระบวนการเข้ารหัส (Coding) โดยจะจัดสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องนั้นให้มีรูปที่ง่ายต่อการประมวลผล และเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับสัญญาณแอนะล็อก เช่น Quantize สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิตอล แล้วนำมาเขียนกราฟก็จะได้ความสัมพันธ์ของ Quantize Transfer Function ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 Quantize Transfer Function ขนาด 3 Bit

เมื่อทำการ Quantize และ Encode สัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณดิจิตอล เป็นรหัสไบนารี่(Binary) 3 บิต แล้ว จะได้รหัสดิจิตอล 8 ระดับ คือ จาก 000 ถึง 111 เนื่องจากในระบบไบนารี่ รหัสดิจิตอลแต่ละค่าจะแทนขนาดของสัญญาณแอนะล็อก ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับค่าเต็มสเกล โดยค่าสูงสุดของรหัสดิจิตอล คือ ทุกบิตที่เป็น 1 จะเท่ากับสัญญาณแอนะล็อกเต็มสเกลคูณด้วย $(1 - 2^{-n})$ โดย n เป็นจำนวนบิตของรหัสดิจิตอลแต่ละบิตที่เป็น 1 และจะเท่ากับขนาดเต็มสเกลของอนาล็อกคูณด้วยค่าน้ำหนัก (weighting) ของรหัสชนิดนั้นแล้วหารด้วย 2^n

ตัวอย่างเช่น ค่าเต็มสเกลของสัญญาณแอนะล็อกเป็น 10 โวลท์ (รหัส 1011) จะแทนขนาดของสัญญาณแอนะล็อกอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดสำคัญเกี่ยวกับกราฟของทรานเฟอร์ฟังก์ชันในรูปที่ 2.9 อันดับแรก ได้แก่ ความละเอียดของ

$$V_m = \left(\frac{R_s}{2^n}\right) \times \left\{(1 \text{ x } 2^3) + (0 \text{ x } 2^2) + (1 \text{ x } 2^1) + (1 \text{ x } 2^0)\right\} \quad (2.5)$$

การ Quantize ซึ่งกำหนดได้จากจำนวนบิตของรหัสดิจิตอล หรือจากกราฟนั่นคือ ขนาดกว้างของระดับ (Step) ทางแกนแอนะล็อกอินพุท และสัดส่วนระหว่างค่าเต็มสเกลอนาล็อกกับค่า2^n

จำนวนสถานะเอาท์พุทจะถูกกำหนดจากจำนวนบิต คือ เท่ากับ 2^n สถานะ เช่น ADC 8 บิต, Quantizer จะให้เอาท์พุท 256 สถานะ ต่อค่าเต็มสเกลแอนะล็อกในไดอะแกรม ส่วน ADC 12 บิต, Quantizer จะให้เอาท์พุท 4096 สถานะ ต่อค่าเต็มสเกลแอนะล็อกในไดอะแกรม ค่าทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นจะมีจุดแบ่งระดับ (Decision Point หรือ The Should Level) ซึ่งพบว่าสัญญาณแอนะล็อกจะมีจำนวน 2-10 จุด โดยอยู่ที่ 0.625, 1.875, 3.125, 4.375, 5.625 และ 8.125 โวลท์ ระหว่างจุดดังกล่าวเป็นสัญญาณแอนะล็อกซึ่งแปลงเป็นรหัสดิจิตอล 1 สถานะ ดังนั้นค่าดังกล่าวจะถูกปรับให้มีความถูกต้องมากที่สุด เพื่อแปลงขนาดของแอนะล็อกให้ตรงกับค่าของการ Quantize ที่แรงดัน 1.25, 2.50, 3.75, 5.0, 6.25, 7.5, 8.75 โวลท์ ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของรหัสดิจิตอลสถานะสุดท้าย

2.2.5 Quantizer Resolution

ในแต่ละสถานะของสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุท จะแทนขนาดของสัญญาณแอนะล็อกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงเวลาสั้น ๆ ของจุดแบ่งระดับ ซึ่งเรียกว่า Analog Quantization หรือ Quantum หรือ LSB (Least Significant Bit) การแปลงสัญญาณในรูปที่ 2.9 ค่าควอนตัม เท่ากับ 1.25 โวลท์ โดยคำนวณจาก

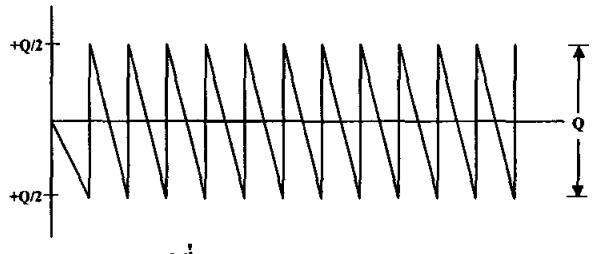
$$Q = \frac{FSR}{2^n} \quad (2.6)$$

โดย FRS คือ Full Scale Range หรือช่วงเวลาเต็มสเกลของแรงดันแอนะล็อก

n คือ จำนวนบิตของรหัสดิจิตอล

จากสมการ จะเห็นว่าถ้าจำนวนบิตมาก ขนาดของควอนตัมก็จะลดลง และถ้าให้สัญญาณอินพุทของ Quantizer ตลอดช่วงของสัญญาณแอนะล็อก ก็จะเห็นช่วงผลต่างของสัญญาณแอนะล็อกอินพุท และได้ค่าสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทเป็นรูปฟันเลื่อย นั่นคือ ค่า 1 ช่วงสัญญาณแอนะล็อกที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นรหัสดิจิตอล 1 สถานะ ซึ่งค่าสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทดังกล่าวเรียกว่า Quantizing Error ดังรูปที่ 2.10

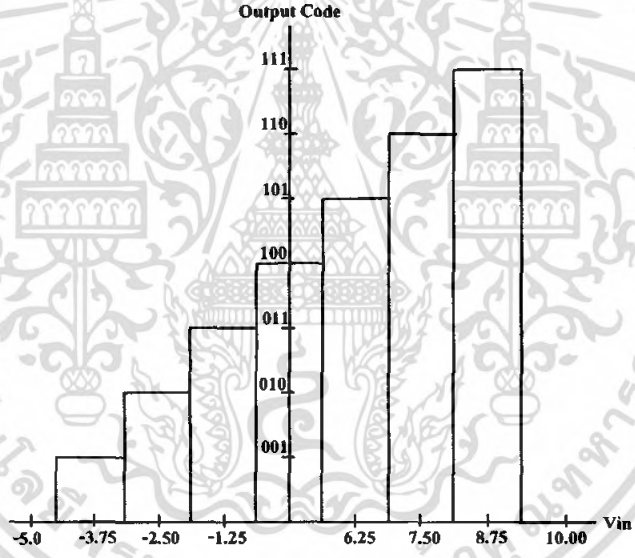
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 Quantizing Error

ค่า Quantizing Error จะแก้ไขได้โดยการเพิ่มจำนวนของ Quantizer ให้มากขึ้น และอาจทำให้ค่าเอาท์พุทมีความผิดพลาดเท่ากับศูนย์ ซึ่งลักษณะฟังก์ชั่นค่าความผิดพลาดจะพิจารณาจากสัญญาณรบกวนทางอินพุท

2.2.6 รหัสตัวเลขสำหรับการเปลี่ยนข้อมูล



รูปที่ 2.11 ทรานเฟอร์ฟังชั่นของ ADC 3 บิต ที่ใช้รหัสออฟเซ็ตไบนารี่

รหัสตัวเลขที่นิยมนำมาใช้ในระบบเปลี่ยนข้อมูล ได้แก่ รหัสไบนารี่ (Straight Binary) โดยรหัสไบนารีสถานะสูง จะแทนด้วยสัญญาณแอนะล็อก $\frac{FSR}{2^n}$ โวลท์ เช่น วงจร ADC ขนาด 12 บิต มีรหัส 1111 1111 1111 และมีสัญญาณแอนะล็อกต็มสเกล (FSR) เท่ากับ 20 โวลท์ จะแทนด้วยสัญญาณแอนะล็อกขนาด $20\ (1 - 2^{-12})$ หรือ 19.39951171 โวลท์ นอกจากนั้นยังมีระบบ BCD ซึ่งเหมาะสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ระบบออฟเซ็ตไบนารี่เหมาะสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ลอจิก และการแปลงสัญญาณอินพุทที่มีทั้งช่วงบวกและลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตอนุกรมแต่ละพอร์ต จะมีเส้นสัญญาณแบบอนุกรมมาตรฐาน 3 แบบ คือ แบบมาตรฐาน EIA RS-422 แบบระบบวงรอบกระแสและแบบมาตรฐาน EIA RS-232 ปกติเราจะใช้เส้นส่งสัญญาณอนุกรมแบบมาตรฐาน EIA RS-232 มากที่สุด ซึ่งมักนำไปใช้ในหน่วยแสดงผล เครื่องพิมพ์โมเด็ม และอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งมีความยาวของสายสัญญาณไม่เกิน 50 ฟุต

ลักษณะของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้น ข้อมูลจะส่งออกมาทีละบิต จากตัวส่งไปตัวรับข้อมูลในการส่งข้อมูลอาจใช้ช่องสัญญาณเพียง 1 หรือ 2 ช่องสัญญาณเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารจะถูกกว่าแบบขนาน แต่อัตราการรับส่งข้อมูลจะช้ากว่าแบบขนาน ซึ่งมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลที่นิยมมากที่สุดก็คือ มาตรฐาน RS-232

2.3.1 มาตรฐาน EIA RS-232

เพื่อจะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้นมาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือมาตรฐาน EIA RS-232 โดยมาตรฐาน EIA RS-232 ได้กำหนดให้ค่าสัญญาณของระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3 โวลต์หรือสงกว่านั้น มีค่าทางตรรกะเป็น 1 และกำหนดให้ค่าสัญญาณของระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ -3 โวลต์หรือต่ำกว่านั้น มีค่าทางตรรกะเป็น 0 วงจรไอซีที่ใช้สร้างสัญญาณเหล่านี้ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด + 12 V, RS-232 ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ สายส่งข้อมูล(TD) 1 เส้น และสายรับข้อมูล(RD) 1 เส้น โดยสัญญาณแต่ละสายจะต่อกับสายกราวนด์ (ขาเบอร์ 7) นอกจากนี้ RS-232 ยังมีการกำหนดการสร้างสัญญาณตอบรับ เพื่อใช้ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วย

ตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐาน EIA RS-232 แบบ 9 Pin

9 Pin	EIA RS-232 Circuit	CCIT V.24 Circuit	EIA RS-232 Description	Signal type & Direction
5	AB	102	Signal group/common	Ground/common
2	BB	104	Received data	Data from DCE
3	BA	103	Transmitted data	Data to DCE
1	CF	109	Receive line signal detector	Control from DCE
4	CD	108, 2	Data terminal ready	Control to DCE
6	CC	107	Data set ready	Control from DCE
7	CA	105	Request to send	Control to DCE
8	CB	106	Clear to send	Control from DCE
9	CE	125	Ring indicator	Control from DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.2 แสดงมาตรฐาน EIA RS-232 แบบ 25 Pin

25 Pin	EIA RS-232 Circuit	CCIT V.24 Circuit	EIA RS-232 Description	Signal type & Direction
1*	AA	101	Protective ground	Ground
7*	AB	102	Signal ground/ common return	Ground/common
2*	BA	103	Transmitted data	Data to DCE
3*	BB	104	Received data	Data from DCE
4*	CA	105	Request to send	Control to DCE
5*	CB	106	Clear to send	Control from DCE
6*	CC	107	Data set ready	Control from DCE
20*	CD	108, 2	Data terminal ready	Control to DCE
22	CE	125	Ring indicator	Control from DCE
8	CF	109	Received line signal detector	Control from DCE
21	CG	110	Signal quality detector	Control from DCE
23	CH	111	Data signal rate selector (DTE)	Control to DCE
23	CI	112	Data signal rate selector (DCE)	Control from DCE
24	DA	113	Transmitter signal element timing (DTE)	Timing from DCE
17	DD	115	Receiver signal element timing (DCE)	Timing from DCE
14	SBA	118	Secondary transmitted data	
16	SBB	119	Secondary received data	
19	SCA	120	Secondary request to send	Control to DCE
13	SCB	121	Secondary clear to send	Control from DCE
12	SCF	122	Secondary received line signal detector	Control from DCE
11 18 25			Undefined	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

83102

2.3.1.1 คุณสมบัติของ RS–232

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของ RS–232

อัตรารับส่งข้อมูล	0 – 20000 บิต / วินาที
ระดับแรงดันเอาต์พุทสูงสุดในสภาวะไม่มีโหลด	- 25 โวลท์ (ลอจิก 1)
ระดับแรงดันเอาต์พุทสำหรับโหลด 3 – 7 กิโลโอห์ม	ลอจิก "1" - 15 โวลท์ (7 กิโลโอห์ม) - 5 โวลท์ (3 กิโลโอห์ม)
	ลอจิก "0" + 15 โวลท์ (7 กิโลโอห์ม) + 5 โวลท์ (3 กิโลโอห์ม)
กระแสเอาต์พุทเมื่อลัดวงจร	สูงสุด 500 มิลลิแอมป์
เอาต์พุตอิมพีแดนซ์เมื่อไม่มีแหล่งจ่ายไฟ	ต่ำสุด 300 โอห์ม
สลูว์เรตทางเอาต์พุทสูงสุด	30 โวลท์ / ไมโครวินาที
ความต้านทานอินพุทของภาครับ	สูงสุด 7 กิโลโอหม์
	ต่ำสุด 3 กิโลโอหม์
ค่าความจุอินพุทของภาครับ	สูงสุด 2500 กิโลฟารัด
ย่านแรงดันอินพุทของภาครับ	- 25 โวลท์ถึง + 25 โวลท์

2.3.1.2 การจัดขาสัญญาณของ RS-232

การจัดขาสัญญาณของ RS-232 แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ 9 ขาและแบบ 25 ขา ดังตารางที่ 2.4

2.3.1.3 การเชื่อมต่อสัญญาณของ RS-232

มีลักษณะเชื่อมต่อ 2 แบบคือ

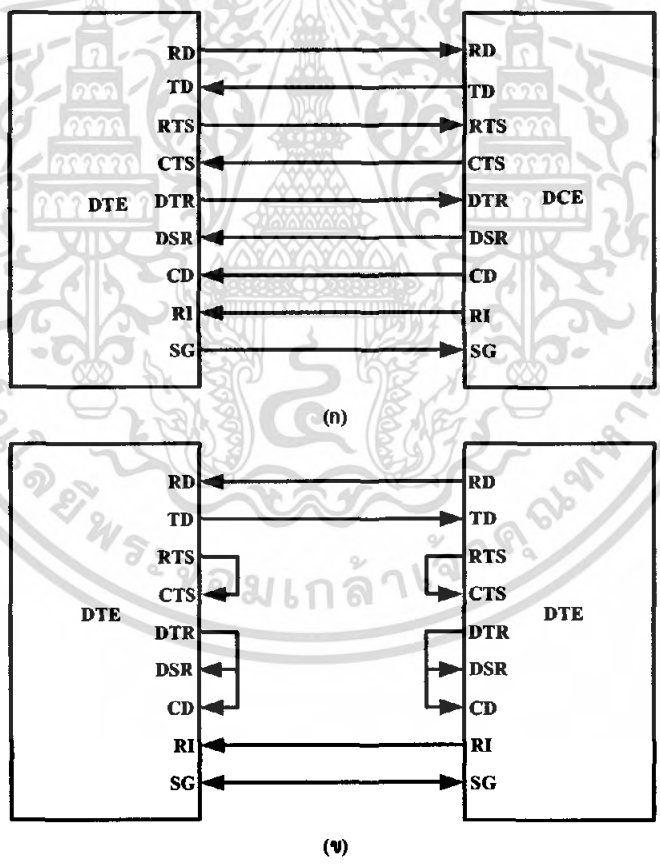
1. การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) o

2. การเชื่อต่อกันระหว่างอุปกรณ์ DCE (Data Communications Equipment) กับอุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ขาสัญญาณ RS-232 ทั้งแบบ 9 ขาและ 25 ขา

ชื่อสัญญาณ	ขาสัญญาณในแบบ 9 ขา	ขาสัญญาณในแบบ 25 ขา
TD Transmitted Data	3	2
RD Received Data	2	3
RTS Request to Send	7	4
CTS Clear to Send	8	5
DSR Data Set Ready	6	6
SG Signal Ground	5	7
CD Carrier Detect	1	8
DTR Data terminal Ready	4	20
R1 Ring Indication	9	22



รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อสัญญาณของมาตรฐาน RS-232

(ก) การต่ออุปกรณ์ DTE กับ DCE

(ข) การต่ออุปกรณ์ DTE กับ DTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE

1. เมื่อจ่ายกำลังงานให้กับ DTE และอุปกรณ์ก็จะส่งสัญญาณ DTR ออกมา

2. อุปกรณ์ DCE ถูกเปิดขึ้นและรับรู้สัญญาณ DTR ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ DTE

3. อุปกรณ์ DCE ส่งสัญญาณ DSR ออกมา และโมเด็มก็กระทำกระบวนการ OFF HOOK

4. ถ้าสายสัญญาณอยู่ในสภาพดีและอุปกรณ์อีกข้างหนึ่งก็พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว โดยจะตรวจจับพบสัญญาณ พาหะแล้วอุปกรณ์ DCE จะส่งสัญญาณ CTS ออกมา

5. อุปกรณ์ DCE จะตอบสนองด้วยการส่งสัญญาณ CTS ออกมา

6. การติดต่อสื่อสารก็เริ่มขึ้น โปรแกรมควบคุมจะทำการส่งหรือรับข้อมูล

ส่วนลำดับขั้นตอนในการตอบรับก็เป็นดังนี้

1. อุปกรณ์ DTE จะส่งสัญญาณ DTR ออกมา

2. อุปกรณ์ DTE จะอยู่ในโหมด ตอบรับอัตโนมัติ (Auto Answer Mode) โดยมีสัญญาณ DSR ออกมา

3. สถานีปลายทางส่งสัญญาณเรียกอุปกรณ์ DCE และ อุปกรณ์ DCE ส่งสัญญาณ RI ออกมา

4. อุปกรณ์ DTE รับรู้ถึง RI ที่ส่งมาจากเครื่องปลายทาง และอุปกรณ์ DCE ก็เข้าสู่สภาวะ OFF HOOK

5. อุปกรณ์ DTE ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์ DCE ที่อีกปลายทางหนึ่ง และมีการส่งสัญญาณ DCD ออกมา

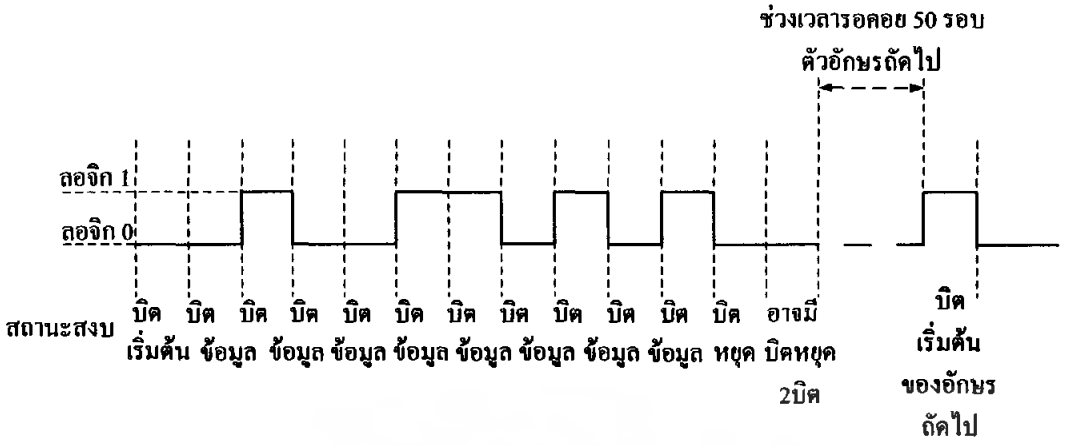
6. อุปกรณ์ DTE จะส่งสัญญาณ RTS ออกมาหรือจะรอข้อมูลก็ได้ ขึ้นอยู่กับโปรแกรมควบคุม

7. อุปกรณ์ DTE จะตอบสนองด้วยการส่งสัญญาณ DTS ออกมา การติดต่อสื่อสารก็จะเริ่มขึ้น

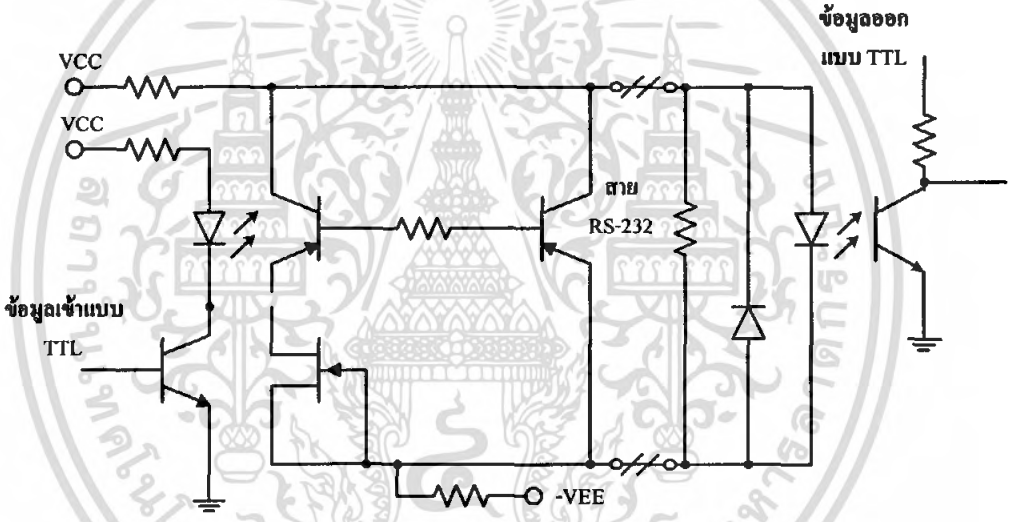
2.3.2 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมและอัตราบอดในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นพื้นฐานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยตรง จะต้องมี *Optoisolator Isolator* มาแยกไมโครโปรเซสเซอร์ UART และวงจรอื่นๆ เพื่อป้องกันไม่ให้แรงดันไฟฟ้าสูงไหลเข้ามารบกวนวงจรดังกล่าวซึ่งควรทำการเชื่อมต่อระหว่างสายส่งสัญญาณกับสายกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การใช้สัญญาณในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม



รูปที่ 2.14 การนำ Optoisolator Isolator มาใช้กับสายส่งสัญญาณ RS-232

ตารางที่ 2.5 อัตราบอดและช่วงเวลาของแต่ละบิต (ms)

อัตราบอด	ช่วงเวลาของแต่ละบิต (ms)
110	9.91
150	6.67
300	3.33
600	1.67
1200	0.822

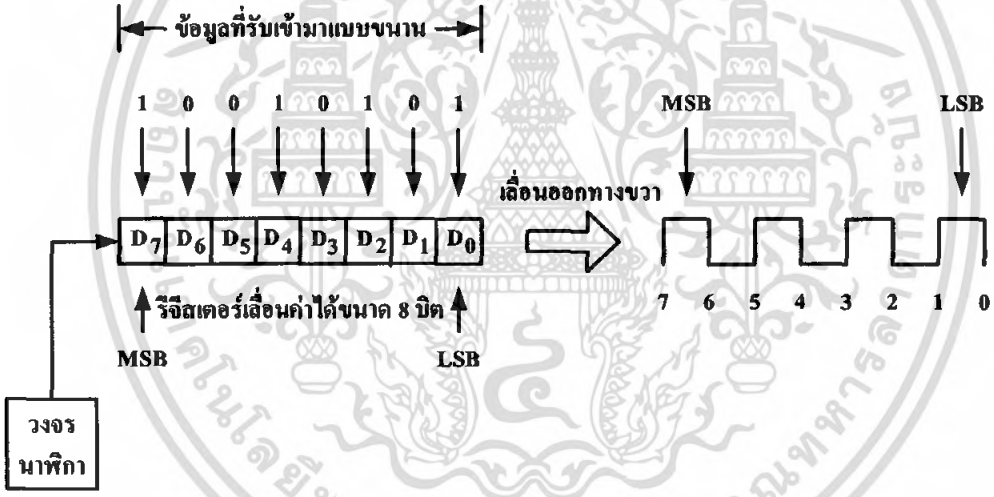
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2400	0.417
2800	0.208
9600	0.104
19200	0.052

อัตราบอด (Baud Rate) คือ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลอนุกรม มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที

2.3.3 การเชื่อมต่อแบบอนุกรมและ UART

การแปลงข้อมูลจะเริ่มต้นจาก ข้อมูลแบบขนานจะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ Shift Register แล้ว สัญญาณนาฬิกาจะเลื่อนค่าในรีจิสเตอร์ออกมาทีละขั้นตอน(โดยเลื่อนค่าไปทางขวามือ) บิตที่ 1 คือ บิตของข้อมูล บิตที่ 2 คือ บิตที่อยู่ถัดจากบิต LSB สำหรับบิตสุดท้ายที่ถูกเลื่อนมาก็คือ บิต MSB ของข้อมูล ดังรูปที่ 2.15

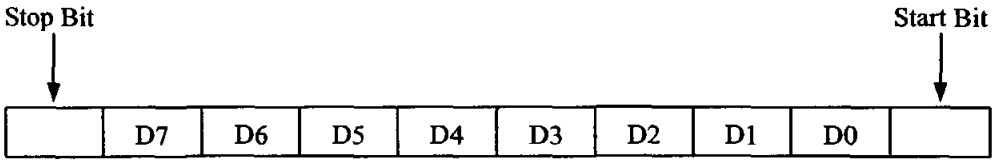


รูปที่ 2.15 การแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นอนุกรม

การแปลงข้อมูลแบบอนุกรมไปเป็นข้อมูลแบบขนาน จะมีขั้นตอนดังนี้ คือ ข้อมูลแบบอนุกรมจะถูกเลื่อนเข้าไปเก็บใน Shift Register โดยมีสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวควบคุม เมื่อมีการเลื่อนข้อมูลครบทุกบิตแล้ว ข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้จะถูกนำออกมาแบบขนานเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลแบบอนุกรมเป็นข้อมูลแบบขนาน และแปลงข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรมเรียกว่า UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ซึ่งเป็นวงจร LSI นอกจากนี้ UART ยังมีหน่วยควบคุมและหน่วยตรวจสอบการทำงานด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การกำหนดแอดเดรสขนาด 8 บิต

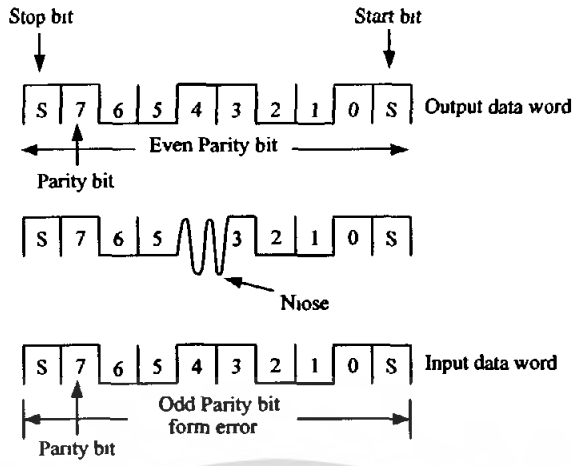
ในการส่งข้อมูลขนาด 8 บิตแบบอนุกรมนี้ จะมีบิตสตาร์ท(Start Bit) และบิตสต๊อป(Stop Bit) เพิ่มเข้ามา ซึ่งจะทำให้มีการส่งข้อมูลขนาด 10 บิต ดังรูปที่ 2.16 แสดงเวิร์ดข้อมูลขนาด 8 บิต ซึ่งประกอบด้วย บิตสตาร์ท 1 บิต และบิตสต๊อป 1 บิต ถ้าบิตสตาร์ทมีค่า 0 แสดงว่า UART กำลังรับข้อมูลเข้ามา แต่ถ้าบิตสต๊อปมีค่า 1 แสดงว่า UART ได้ทำการส่งข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว

ตารางที่ 2.6 อัตราบอดทั่วไปที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม

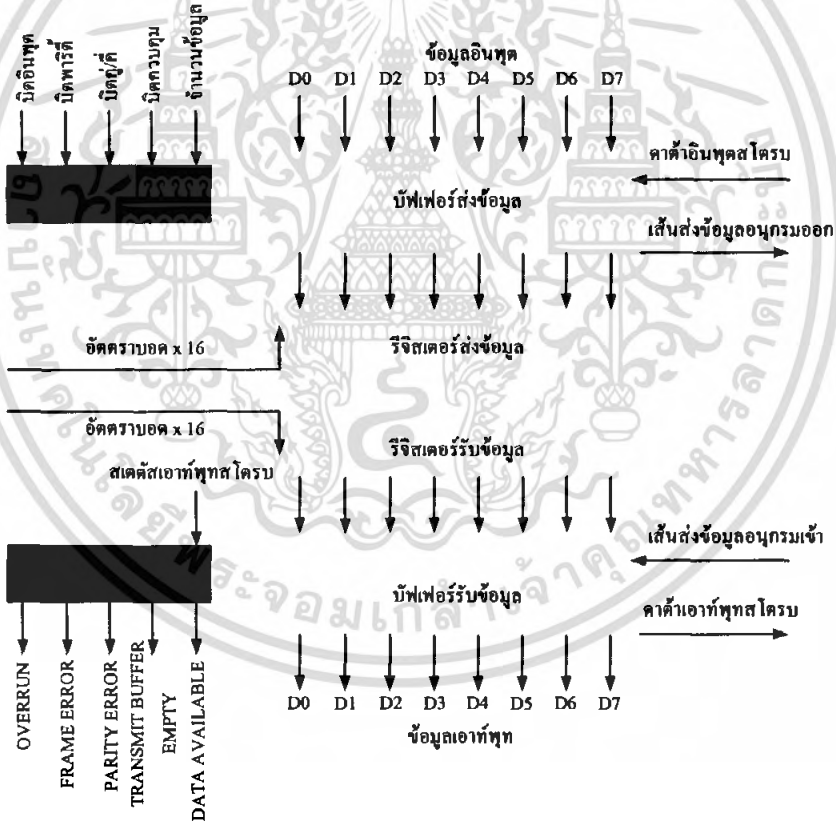
อัตราบอด	ไบต์ / วินาที
110	10
150	15
300	30
600	60
1200	120
9600	960
19200	1920
38400	3840

การส่งข้อมูลแบบอนุกรม ถ้าค่าพาริตี้เปลี่ยนไป เนื่องจากมีสัญญาณรบกวน (Noise) โดยบิตที่ 4 มีสัญญาณรบกวน ทำให้บิตเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ซึ่งทำให้ข้อมูลที่ได้รับนั้นมีความไม่ถูกต้อง ดังรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 การตรวจสอบความผิดพลาดในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้บิตพาริตี้

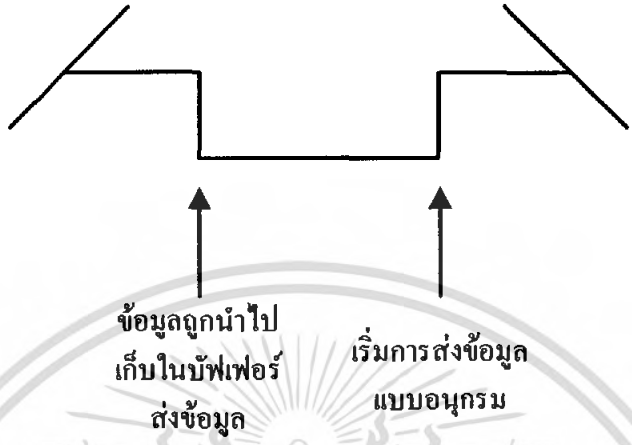


รูปที่ 2.18 การส่งข้อมูลของ UART

ในรูปที่ 2.18 เป็นการส่งข้อมูลของ UART ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ บัฟเฟอร์ส่งข้อมูล (Transmitter Data Output Buffer) กับรีจิสเตอร์ส่งข้อมูล (Transmitter Register) โดยบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล 8 บิต จะถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล เมื่อสัญญาณที่ควบคุมคาด้าอินพุทสโตรม (Data Input Strobe) เปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 แล้ว การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเริ่มขึ้นเมื่อสัญญาณควบคุมนี้เปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1



รูปที่ 2.19 สัญญาณคาด้าอินพุทสโตรบ

การนำข้อมูลในรีจิสเตอร์สถานะของ UART จะมีบิตบอกสถานะต่าง ๆ ดังนี้

1. บิต OR (Overrun) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามาซ้อนข้อมูลเดิม ซึ่งข้อมูลเดิมที่มีอยู่ยังไม่ได้ถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์รับข้อมูล

2. บิต FE (Framing Error) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ไม่พบบิตสต๊อป ซึ่งเกิดจาก UART อ่านค่าบิตสตาร์ทผิดตำแหน่ง

3. บิต PE (Parity Error) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ได้ทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วพบว่ามีค่าพาริตี้ไม่ตรงกับค่าพาริตี้ของข้อมูล ซึ่ง UART จะเลือกตรวจสอบข้อมูล แบบพาริตี้คู่หรือพาริตี้คี่ได้ โดยต้องระบุค่าที่วงจรควบคุมก่อนที่ UART จะเริ่มรับข้อมูล

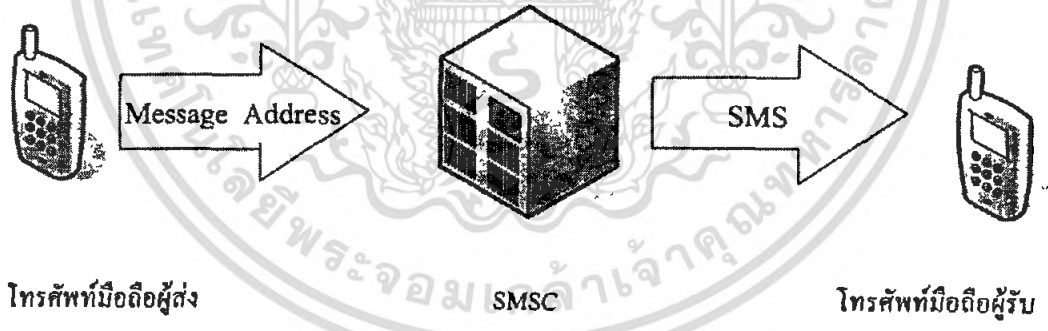
4. บิต TBE (Transmit Buffer Empty) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ส่งข้อมูลออกไปแล้ว เพื่อจะเก็บข้อมูลลงในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลต่อไปได้

5. บิต DA (Data Available) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ได้รับข้อมูลใหม่เข้ามาและสามารถทำการอ่านข้อมูลนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การใช้งานระบบ GSM

ระบบ GSM นั้นแตกต่างจากระบบอื่นที่ย่านความถี่ต่ำ 900 MHz และวิธีการแบ่งช่องสัญญาณแบบ TDMA และระบบ GSM ได้นำระบบรักษาความปลอดภัยแบบ Subscriber Identification Module (SIM) โดยระบบนี้เป็นการเก็บความจำเกี่ยวกับหมายเลข หมายเลขเครื่อง รหัสลับ และตัวอักษรอื่นที่ต้องการเก็บลงใน ซิมการ์ด (SIM Card) ข้อดีของระบบ SIM คือ การใช้งานเราสามารถพกพาซิมการ์ดของเราไปใช้งานเครื่องโทรศัพท์มือถือเครื่องใดก็ได้ที่อยู่ในระบบเดียวกัน และเมื่อเครื่องโทรศัพท์มือถือเสียหายหรือชำรุดก็สามารถเปลี่ยนซิมการ์ดมาไว้เครื่องใหม่ โดยข้อมูลเดิมยังอยู่ครบ จากข้อดีของระบบ SIM นี้ทำให้ระบบ GSM มีการใช้งานที่แตกต่างจากระบบอื่น เช่น มีการใช้งานการส่งข้อความสั้น โดยสามารถส่งข้อความจำนวนตัวอักษรไม่เกิน 160 ตัวอักษรในแต่ละครั้งของการส่ง ซึ่งข้อดีของการใช้งานข้อความสั้น คือข้อความถึงผู้รับแน่นอน ถึงแม้ว่าผู้รับจะปิดเครื่องแต่ข้อความจะแสดงเมื่อเปิดเครื่อง เนื่องจากการทำงานของการส่งข้อความสั้น จะ เป็นดังนี้ เริ่มต้นเมื่อเราเขียนข้อความและกดส่งจากโทรศัพท์มือถือ ข้อความ เบอร์โทรศัพท์มือถือที่เราต้องการส่งให้ เบอร์โทรศัพท์มือถือของผู้รับจะถูกส่งผ่านเครือข่ายหรือที่เรียกว่าศูนย์บริการส่งข้อความสั้น (Short Message Service Center : SMSC) หลังจากนั้นศูนย์บริการส่งข้อความสั้นจะคิดค่าใช้จ่ายและส่งข้อความไปยังเบอร์โทรศัพท์มือถือที่เราต้องกานส่ง โดยแสดงรูปแบบได้ตามรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะขั้นตอนการส่งข้อความสั้น

จากความสามารถของระบบ GSM ที่สามารถส่งข้อความสั้นไปยังผู้รับได้นี้เอง เราจึงเลือกที่จะใช้ระบบ GSM เป็นเครือข่ายสำหรับส่งข้อความแจ้งบ โดยจะส่งข้อความแจ้งภัยเป็นข้อความสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ลักษณะของการส่งข้อความสั้น

การส่งข้อความสั้น (Short Message Service) คือ การส่งข้อความสั้นๆ หรือข้อมูลสั้นจากเครื่องโทรศัพท์มือถือผู้ส่ง ไปยังเครื่องโทรศัพท์มือถือของผู้รับ โดยส่งผ่านเครือข่ายศูนย์บริการ (Short Message Service Center : SMSC) โดยการส่งแบบข้อความสั้นนี้เราจะสามารถเลือกได้ว่าจะส่งข้อความสั้น หรือ รูปภาพโลโก้ เสียงเพลงริงค์โทน ซึ่งจะมีวิธีการส่งที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ โหมดตัวอักษร (Text-Mode) และโหมดพีดียู (Protocol Data Unit : PDU) โดยโหมดตัวอักษร คือ โหมดที่เราสามารถส่งข้อความสั้นๆ ประมาณ 160 ตัวอักษรไปยังเครื่องโทรศัพท์มือถือของผู้รับ โดยลักษณะข้อความนั้นจะอยู่ในรูปแบบรหัสแอสกี้ (ASCII) ส่วนโหมดพีดียู คือ โหมดที่สามารถส่งได้ทั้งข้อความสั้นๆ ส่งรูปภาพ และเพลงริงค์โทนได้ ซึ่งโหมดพีดียูนี้จะมีรูปแบบการวางข้อมูลที่จะส่งแตกต่างกับโหมดตัวอักษร คือ โหมดพีดียูจะมีการเข้ารหัสที่จะแปลงข้อความเป็นรูปแบบของเลขฐานสิบหก และต้องมีการส่งหัวข้อของชุดข้อมูล (Heading) แต่ในโหมดตัวอักษรจะเป็นการส่งแบบรหัสแอสกี้และไม่จำเป็นต้องส่งหัวข้อของชุดข้อมูล

2.4.2 การรับ-ส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู (PDU-Mode)

ในโครงงานนี้เราจะใช้กานส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู ซึ่งรูปแบบการจัดรูปแบบนั้นจะซับซ้อนกว่าแบบโหมดตัวอักษรมาก แต่การส่งแบบโหมดพีดียูนี้เราสามารถใช้ได้กับโทรศัพท์มือถือได้ทุกรุ่น โดยกานส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียูมีรายละเอียดดังนี้ คือ ในนี้จะต้องมีการสร้างหัวข้อของชุดข้อมูลสำหรับส่ง ซึ่งประกอบด้วยส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้นกับส่วนของชุดข้อความ (Transfer Protocol Unit : TPDU) โดยทั้งสองส่วนจะมีลักษณะเป็นเลขฐานสิบหก ซึ่งจะวางลำดับตามนี้

หัวข้อของชุดข้อมูล (Heading : Cr)	ส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้น	ส่วนของชุดข้อความ (TPDU)	บิดหยุด (Stop bit : Ctrl-Z)

ตารางที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบของชุดข้อมูลในการส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู

ในส่วนของชุดข้อความก็จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของการส่งข้อความสั้นที่จะส่ง โดยถ้าเราต้องการที่จะส่งเป็นข้อความจะต้องจัดรูปแบบเรียงตามนี้

1. โปรโตคอลพรรามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้ส่งเป็นแบบใด กรณีส่งแบบ TPDU = 0x01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวเลขอ้างข้อความ ในกรณีที่มีข้อความหลายๆ ข้อความ เราสามารถจัดลำดับข้อความโดยใช้ตัวเลขอ้างข้อความได้ (มีค่าปกติ=0x00)
3. ความยาวของเบอร์โทรศัพท์มือถือของหมายเลขปลายทาง
4. รูปแบบของเบอร์โทรศัพท์มือถือของหมายเลยปลายทาง ซึ่งจะเป็นตัวบอกลักษณะของเบอร์โทรศัพท์มือถือที่เราต้องการส่งข้อความไปให้ โดยส่งแบบสากลจะใช้ค่า = 0x91
5. หมายเลขโทรศัพท์มือถือของหมายเลขปลายทางที่ต้องการจะส่ง โดยหมายเลขโทรศัพท์นี้จะมีการเข้ารหัสแบบสลับ (Nibble Swapped)
6. ตัวแสดงรูปแบบชุดข้อมูล
7. ลักษณะการเข้ารหัสของข้อมูล คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าเราจะส่งเป็นภาษาใด (มาตรฐาน คือ ระบบ GSM)
8. ความยาวของข้อความที่ต้องการส่ง (ก่อนเข้ารหัส)
9. ข้อความที่ต้องการส่ง (หลังเข้ารหัส)

จะเห็นว่าการส่งแบบโหมดพีดียูมีการเข้ารหัสที่ซับซ้อน เช่น การเข้ารหัสลับ และการเข้ารหัสของชุดข้อความที่จะส่ง โดยการเข้ารหัสแบบสลับมีลักษณะดังนี้ โดยจะทำการสลับเบอร์โทรศัพท์ที่ติดกันเป็นคู่ๆ และถ้าเหลือเศษจะเติมค่า F เข้าไปก่อนรหัสตัวสุดท้าย เช่น เบอร์โทรศัพท์ คือ 123456789 เมื่อเข้ารหัสสลับแล้วจะกลายเป็น 21436587F9 ส่วนการเข้ารหัสของชุดข้อความต้องทำการแปลงข้อความที่เป็นแอสกี้ มาเป็นเลขฐานสองหลักจากนั้นก็ทำการเข้ารหัส

ส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้นจะเป็นส่วนที่กำหนดเครือข่ายการใช้บริการว่าจะใช้บริการผ่านศูนย์บริการ ส่วนของศูนย์บริการ ข้อความสั้นใดๆ โดยจะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังนี้ คือ

1. ความยาวของเบอร์ศูนย์บริการ
2. รูปแบบของเบอร์ศูนย์บริการ (ส่งแบบสากลจะใช้ค่า = 0x91)
3. เบอร์ศูนย์บริการโดยจะมีการเข้ารหัสแบบสลับ

เมื่อผู้รับได้รับข้อความสั้นที่มีการส่งแบบโหมดพีดียูรูปแบบของข้อความก็จะอยู่ในลักษณะของโหมดพีดียูเราจำเป็นต้องศึกษาถึงรูปแบบของข้อความที่ได้รับดังนี้ คือ ข้อความที่ได้รับนี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน คือ ส่วนของศูนย์บริการข้อความสั้นกับส่วนของชุดข้อความ โดยทั้งสองส่วนจะมีลักษณะเป็นเลขฐานสิบหกซึ่งจะเหมือนกับการส่ง แต่ชุดข้อมูลบางชุดเพิ่มเติมเข้ามาคือ เวลา วันเดือนปีที่ได้รับข้อความ และเบอร์โทรศัพท์ของผู้ส่งดังนี้

1. ความยาวของเบอร์ศูนย์บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รูปแบบของเบอร์ศูนย์บริการ (ส่งแบบสากลจะใช้ค่า = 0x91)
3. เบอร์ศูนย์บริการโดยจะมาการเข้ารหัสแบบสลับ

ในส่วนของชุดข้อความก็จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของข้อความที่รับมาโดยในส่วนนี้จะมีส่วนที่แตกต่างจากการส่ง คือ เพิ่มเวลา วันเดือนปีที่ได้รับข้อความและเปลี่ยนจากเบอร์ที่ต้องการส่งเป็นเบอร์ที่ส่งมาจากต้นทาง โดยจัดรูปแบบเรียงตามนี้

1. โปรโตคอลพารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าโปรโตคอล (Protocol) ที่ใช้ส่งเป็นแบบใดกรณีส่งแบบ TPDU = 0x01
2. ตัวเลขอ้างข้อความ ในกรณีที่มีข้อความหลายๆ ข้อความเราสามารถจัดลำดับข้อความโดยใช้ตัวเลขอ้างข้อความได้ (มีค่าปกติ = 0x00)
3. ความยาวของเบอร์โทรศัพท์มือถือของหมายเลขต้นทาง
4. รูปแบบของเบอร์โทรศัพท์มือถือของหมายเลขต้นทาง ซึ่งจะเป็นตัวบอกลักษณะของเบอร์โทรศัพท์มือถือที่เราต้องการส่งข้อความไปให้ โดยส่งแบบสากลจะใช้ค่า = 0x91
5. หมายเลขโทรศัพท์มือถือของหมายเลขต้นทางที่ต้องการจะส่ง โดยหมายเลขโทรศัพท์นี้จะมีการเข้ารหัสแบบสลับ
6. ตัวแสดงรูปแบบชุดข้อมูล
7. ลักษณะการเข้ารหัสของข้อมูล คือ พารามิเตอร์ที่บอกว่าเราจะส่งเป็นภาษาใด (มาตรฐาน คือ ระบบGSM)
8. เวลาและวันเดือนปีที่ได้รับข้อความ เช่น 0x99 0x20 0x21 0x50 0x75 0x03 0x21 หมายถึง
   12. Feb 1999 05 : 57 : 30 GMT + 3
9. ความยาวของข้อความที่ต้องการส่ง (ก่อนเข้ารหัส)
10. ข้อความที่ต้องการส่ง (หลังเข้ารหัส)

โดยปกติการส่งข้อความสั้นนี้เราสามารถกดส่งจากเครื่องโทรศัพท์มือถือของเราได้โดยเริ่มจากเขียนข้อความ เมื่อข้อความเสร็จแล้วจะมีให้เลือกที่จะส่งไปเบอร์โทรศัพท์หมายเลขใด นอกจากที่เราต้องกดส่งจากโทรศัพท์มือถือแล้วเรายังสามารถเลือกที่ส่งข้อความสั้นได้อีกแบบ คือ ในเครื่องโทรศัพท์บางรุ่นที่มีอยู่ในปัจจุบันจะมีพอร์ตอนุกรมซึ่งเราสามารถใช้พอร์ตอนุกรมนี้เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรเลอร์ได้ พอร์ตอนุกรมที่มีนี้ทำให้เราง่ายในการส่งข้อความสั้นอย่างมากคือ เราไม่จำเป็นต้องกดปุ่มที่เครื่องโทรศัพท์มือถือเพียงแค่เราส่งชุดคำสั่งเป็นรหัสแอสกี้เข้าไปทางพอร์ตอนุกรมนี้เราก็สามารถสั่งงานให้เครื่องโทรศัพท์มือถือส่งข้อความสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการส่งข้อความสั้นแบบโหมดพีดียู

โดยจะทำการส่งข้อความสั้นคำว่า "hellohello" โดยใช้โหมดพีดียูไปยังหมายเลข "+66 092956208"

AT+CMGF=0 // เพื่อเลือกโหมดพีดียู

AT+CSMS=0 // เช็คว่ามือถือสนับสนุนการส่งข้อความสั้นหรือไม่

AT+CSMS= 22 // ต้องการส่งทั้งหมด 22 bytes (ไม่รวมตัวเลข 00 ที่อยู่ข้างหน้าสุด)

>0011000A9166295026800000AA0AE8329BFD4697D9EC37 // เมื่อพิมพ์ข้อความครบแล้วกด Ctrl + z ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่งอธิบายในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ส่วนประกอบของข้อมูลที่ส่ง

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
00	ความยาวของ SMSC Information 00 หมายถึง ให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง(ปกติเครื่องที่สามารถส่งSMSได้จะมีข้อมูล SMSC ภายในเครื่องอยู่แล้ว)
11	First octet of the SMS-SUBMIT message
00	TP-Message-Reference "00" คือให้เครื่องตั้งหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง
0A	Address-Length ความยาวของหมายเลขผู้รับ (0A hex = 10)
91	Type-of-Address (91 indicates international format of the phone number)
66 29 50 26 80	เลขหมายผู้รับ (แบบ Decimal Semi-Octets) เป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble หมายเลขที่แท้จริง คือ +6692056208
00	TP-PID (Protocol identifier) เป็น 00
00	TP-DCS (Data Coding Scheme)เป็น 00
AA	TP-Validity-Period "AA" หมายถึงช่วงเวลาหมดอายุของข้อความ 4 วัน ถ้าภายในช่วงเวลานี้ยังส่งไม่ถึงปลายทางข้อความจะถูกยกเลิกโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0A	TP-User-Data-Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่ง (10 ตัว)
E8329BFD4697D9EC37	TP-UD ข้อความ "hellohello" ที่เข้ารหัสแล้วจากตัวอักษรแบบ 7 บิตเป็นข้อมูลไบต์ขนาด 8 บิต

ตัวอย่างการรับข้อความสั้น แบบโหมดพีดียู

ถ้าหากเราเชื่อมต่อกับมือถือแล้วทำการอ่านข้อความสั้นที่อยู่ในถาดเข้า (Inbox) โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ส่ง ข้อมูล SMS Service Center (SMSC) Time Stamp และอื่นๆ ที่จำเป็นและตามด้วยส่วนของข้อความซึ่งจะอยู่ท้ายสุดของสตริง ตัวอย่างสตริงต่อไปนี้ข้อความที่ส่งมาคือ "hellohello" จากมือถืออีกเครื่องหนึ่ง ข้อมูลสตริงนี้จะอยู่ในรูปของตัวเลขฐาน 16 และฐาน 10 (ในบางส่วน) โดยจะเรียกตัวเลขแต่ละคู่ว่า Octet ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.9

0691668111808804 0A916629502680000040302121943482 0AE8329BFD4697D9EC37

ตารางที่ 2.9 ส่วนประกอบของสตริงการรับข้อความสั้น

กลุ่มตัวเลข 8 บิต (Octet)	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC Information 6 Octets (ไบต์)
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึง เลขหมายแบบสากล (International Format)
66 81 11 80 88	เลขหมาย SMSC (แบบ Decimal Semi-Octets)ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble ในกรณีนี้เลขหมายที่แท้จริงของ Service Center คือ +6618110888
04	First octet of the SMS-DELIVER message
0A	ความยาวของหมายเลขผู้ส่ง (0A hex = 10)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึง แบบสากล (International Format)
66 29 50 26 80	เลขหมายผู้ส่ง (แบบ Decimal Semi-Octets) เป็นเลขฐาน 10 สลับ Nibble หมายเลขผู้ส่งที่แท้จริง คือ +6692056208
00	TP-PID (Protocol identifier) เป็น 00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

00	TP-DCS (Data Coding Scheme) 00 คือเข้ารหัสข้อความแบบ 7 bits Default Alphabet
40 30 21 21 94 34 82	TP-SCTS ข้อมูล Time Stamp (แบบ Decimal Semi-Octets)สลับ Nibble
0A	TP-UDL User data length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้ คือ 10 ตัว
E8329BFD4697D9EC37	TP-UD ข้อความ "hellohello" ที่เข้ารหัสแล้วจากตัวอักษรแบบ 7 บิตเป็นข้อมูลไบต์ขนาด 8 บิต

ข้อมูลทั้งหมดในตารางเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต ยกเว้นหมายเลขของศูนย์บริการข้อความสั้นเลขหมายผู้ส่ง Timestamp จะเป็นเลขฐาน 10 ขนาด 8 บิตสลับหลักเป็นคู่ๆ (สลับ Nibble) ในส่วนของข้อมูลที่เป็นข้อความนั้นเป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต เช่นกัน โดยข้อมูลนี้จะใช้แสดงข้อความที่ประกอบไปด้วยตัวอักษรขนาด 7 บิต ซึ่งผ่านการแปลง (เข้ารหัส) ข้อมูลจากตัวอักษรขนาด 7 บิต ให้เป็นเลขฐาน 16 ขนาด 8 บิต มาแล้ว ส่วนวิธีการแปลงจะกล่าวในภายหลัง

ในส่วนของข้อมูลที่เป็นเลขฐาน 10 เช่น เลขหมายผู้ส่งตัวเลขในแต่ละคู่ (1 ไบต์) จะถูกสลับหลักกัน เช่น เลขหมายจริง "+66092056208" จะถูกสลับในแต่ละคู่เป็น "66 29 50 26 80" (66 คือ รหัส ประเทศส่วนเลขหมวดของหมายเลขมือถือจะถูกตัดเลข 0 ออก เช่น 09 จะเหลือกแค่ 9 เป็นต้น แล้วจึงนำตัวเลขทั้งหมดมาต่อกันแล้วสลับคู่) เช่นเดียวกันกับ Time Stamp ข้อมูล "40 30 21 21 94 34 82" ซึ่งมีรูปแบบเป็น "YY/MM/DD HH:MM:SS:ss" หมายถึง ข้อความนี้ส่งเมื่อ "04/03/12 12:49:43:28"

การแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิตเป็นข้อมูล 8 บิต (Octet) โดยจากตารางที่ 2.1 ในส่วนของชุดข้อความ จะเป็นส่วนที่เราสามารถใส่รหัสของข้อความที่ต้องการส่ง แต่เนื่องจากเราไม่สามารถนำรหัสของตัวอักษรแบบ 7 บิตใส่ไปได้โดยตรงจำเป็นต้องผ่านการแปลงให้เป็นรหัสข้อมูลแบบ 8 บิตก่อนโดยตัวอย่างต่อไปนี้เป็นการแปลงข้อความ "hellohello" ยาว 10 ตัวอักษรซึ่งแต่ละตัวเป็นอักษรเป็นชนิด 7 บิต ให้เป็นข้อมูล 8 บิต สำหรับใช้ในการส่ง SMS การแปลงเริ่มจากการนำรหัส 7 บิตของตัวอักษรตัวแรก (h) มาเติมข้างหน้าด้วย 1 บิตท้ายสุดของรหัส 7 บิตของอักษรตัวที่ 2 (e) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต (1 ไบต์) เป็น "E8" ขั้นตอนต่อมาให้เอา 6 บิตที่เหลือของอักษรตัวที่ 2 มาเติมข้างหน้าด้วย 2 บิตท้ายของรหัส 7 บิต ของอักษรตัวที่ 3 (I) จะได้ผลลัพธ์ 8 บิต เป็น "32" และทำเช่นนี้เรื่อยไปโดยจำนวนบิตที่นำมากระทำจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 บิต 4 บิต จนกระทั่งถึง 7 บิต แล้วเริ่มกระบวนการใหม่จนกระทั่งหมดชุดตัวอักษรหลังจากการแปลงข้อความ "hellohello" จะได้ข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 จำนวน 9 ไบต์ เป็น E8 32 9B FD 46 97 D9 EC 37 โดยมีวิธีการแปลงแสดงดังตารางที่ 2.10 โดยที่ตัวอักษรชนิด 7 บิตถูกกำหนดโดยมาตรฐาน GSM 03.38 ดังตารางที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงวิธีการแปลงตัวอักษรชนิด 7 บิตเป็นข้อมูล 8 บิตข้อความ “hellohello”

h	e	l	l	o	h	e	l	l	o
104	101	108	108	111	104	101	108	108	111
1101000	1101001	1101100	1101100	1101111	1101000	1101001	1101100	1101100	1101111
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	1101000	1101001	1101100	1101100	1101111
11101000	00110010	10011011	11111101	01000110	10010111	11011001	11101100	110111	
E8	32	9B	FD	46	97	D9	EC	37	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ชุดของตัวแปรของมาตรฐาน GSM 03.38

Dec		0	16	32	48	64	80	96	112
	Hex	0	10	20	30	40	50	60	70
0	0	@	Δ	SP	0	¡	P		P
1	1	£	_	!	1	A	Q	a	q
2	2	$	Φ	"	2	B	R	b	r
3	3	¥	Γ	#	3	C	S	c	s
4	4	è	Λ	¤	4	D	T	d	t
5	5	é	Ω	%	5	E	U	e	u
6	6	ù	Π	&	6	F	V	f	v
7	7	ì	Ψ	'	7	G	W	g	w
8	8	ò	Σ	(	8	H	X	h	x
9	9	Ç	Θ	)	9	I	Y	i	y
10	A	LF	Ξ	*	:	J	Z	j	z
11	B	Ø	<ESC>	+	;	K	Ä	k	ä
12	C	ø	Æ	,	<	L	Ö	l	ö
13	D	CR	Æ	-	=	M	Ñ	m	ñ
14	E	Å		.	>	N	Ü	n	ü
15	F	å	É	/	?	O	§	o	à

2.4.3 คำสั่ง AT Command กับมือถือ

การสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) นั้นสามารถใช้ชุดคำสั่งที่เป็นมาตรฐานที่เรียกว่า AT Command ในการติดต่อเพื่อโต้ตอบตั้งค่าหรือสั่งอุปกรณ์เหล่านั้น ให้ทำงานตามที่ต้องการ โดยชุดคำสั่งพื้นฐานจะถูกกำหนดไว้ใน Hayes AT Command ซึ่งบริษัท Hayes เป็นผู้คิดค้นชุดคำสั่งนี้เพื่อใช้กับโมเด็มของตนและต่อมาได้กลายเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตโมเด็มรายอื่นๆ โดยอาจจะมีชุดคำสั่งขยาย (Extended AT Command) เพื่อใช้เป็นการเฉพาะสำหรับผู้ผลิตรายนั้นๆ

การติดต่อกับมือถือก็เช่นกันเราสามารถใช้ชุดคำสั่งที่กำหนดไว้ใน GSM AT Command ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มเติมที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานและควบคุมมือถือ และเนื่องจากมีรายละเอียดที่ค่อนข้างมากจึงจะพูดถึงเฉพาะคำสั่งที่จำเป็นสำหรับโครงงานนี้เท่านั้น การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับมือถือนั้น จะทำผ่านสายข้อมูล (Data Link) ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโดยใช้โปรแกรมเทอร์มินอลต่างๆ เช่น ไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ของ Windows ส่วนความเร็วในการสื่อสารมักจะใช้ 19200 bps

คำสั่ง AT-COMMAND สำหรับการส่งข้อความสั้นจาก GSM 07.05

AT+CNMI	เป็นคำสั่งเลือกสัญญาณข้อความสั้นใหม่
AT+CSCB	เป็นคำสั่งในการเลือกข้อความ Bell Broadcast
AT+CMGF	เป็น คำสั่งในการเลือกโหมดของข้อความที่จะส่ง
AT+CSCA	เป็นคำสั่งในการดูค่าของศูนย์บริการข้อความสั้น
AT+CMGL	เป็นคำสั่งเรียกอ่าน ข้อความโดยให้แสดงตามชนิดที่ต้องการเรียกดู
AT+CMGR	เป็นคำสั่งที่ใช้เรียกอ่านข้อความทีละอันเฉพาะอันที่ต้องการอ่าน
AT+CMGS	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการส่งข้อความไปยัง Address ที่เลือกไว้
AT+CMSS	เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งข้อความจากซิมการ์ดไปยัง Address ที่เลือกไว้
AT+CMGW	เป็นคำสั่งสำหรับเขียนข้อความเก็บไว้ในซิมการ์ด
AT+CMGD	เป็นคำสั่งสำหรับลบข้อความที่เก็บไว้ในซิมการ์ด
AT+CSMS	เป็นคำสั่งที่ใช้เลือกบริการข้อความ
AT+CPMS	เป็นคำสั่งที่ใช้เลือกหน่วยความจำของการข้อความสั้น
AT+CMGC	เป็นคำสั่งที่ใช้ส่งคำสั่ง ข้อความสั้น

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CNMI

ตารางที่ 2.12 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CNMI

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CNMI=?	+CNMI: (list of supported <mode>s), (list of supported <mt>s),(list of supported <bm>s), (list of supported <ds>s),(list of supported <bfr>s)
AT+CNMI?	+CMSS:<mode>,<mt>,<bm>,<ds>,<bfr>
AT+CNMI=[<mode>][,<mt>] [,<bm>][,<ds>][,<bfr>]	OK/ERROR/+CMS ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<mode> 0 ถ้าบัฟเฟอร์เต็มแล้วมีสัญญาณเข้ามาใหม่จะเข้ามาแทนอันที่เก่าที่สุด
1 ไม่รับ Unsolicited result Code ใหม่เมื่อ TA-Te link ถูกจองไว้หรือไม่เช่นนั้นก็ Forward ไปยัง TE โดยตรง
2 เก็บ Unsolicited result code ในบัฟเฟอร์ของ TA เมื่อ TA-TE link ถูกจองไว้แล้วถูกส่งไปยัง TE เมื่อสิ้นสุดการจอง
3 ทำการ Forward ค่า Unsolicited result code ไปที่ TE โดยตรง

<mt> กฎสำหรับการเก็บข้อความสั้น ที่รับเข้ามาขึ้นอยู่กับวิธีการเข้ารหัสของข้อมูล การตั้งค่า Memory Format และค่านี้

<bm> กฎสำหรับการเก็บ CBMs ที่รับเข้ามาขึ้นอยู่กับวิธีการเข้ารหัสของข้อมูล การเลือกรูปแบบของ CMB และค่านี้

<ds> 0 ไม่มี SMS=STATUS-REPORT ส่งไปยัง TE
1 SMS-STATUS-REPORT ส่งไปยัง TE โดยใช้ Unsolicited Result Code + CDS: <length><CR><LF><PDU> (PDU Mode Enable)
2 ถ้า SMS-STATUS-REPORT ส่งไปใน ME/TA สัญญาณของ Location ของหน่วยความจำถูกส่งไป TE โดยใช้ Unsolicited Result Code

<bfr> 1 TA บัฟเฟอร์ของ Unsolicited Result Code จะถูกจำกัดความในคำสั่งนี้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSCB

ตารางที่ 2.13 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSCB

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CSCB=?	+CSCB:(list of supported <mode>s)
AT+CSCB?	+CSCB:<mode>,<mids>,<dcss>
AT+CSCB=[<mode>[,<mids>[,<dcss>]]]	OK/ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<mode> 0 รับข้อความ

1 ไม่รับข้อความ

<mids> ค่า CBM Message IDs: รูปแบบสตริง

<dcss> ค่า CBM Data Coding Schemes : รูปแบบสตริง

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGF

ตารางที่ 2.14 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGF

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGF=?	+CMGF: (list of supported <mode>s)
AT+CMGF?	+CMGF:<mode>
AT+CMGF=[<mode>]	OK/ERROR

<mode> 0 เป็นโหมดพีดียู

1 เป็นโหมดตัวอักษร

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSCA

ตารางที่ 2.15 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSCA

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CSCA=?	OK
AT+CSCA?	+CMSS:<sca>,<tosca>
AT+CSCA=<sca>[,<tosca>]	OK/ERROR

<sca> Service-Center Address In String Format

<tosca> Service-Center Address Format

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGL

ตารางที่ 2.16 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGL

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGL=?	+CMGL:(list of supported <stat>s)
AT+CMGL=[<stat>]	If sending is successful: +CMSS:<index>,<stat>,[<alpha>],<length><CR> <LF><pdu><CR><LF>

<stat> ตัวบอกสถานะของข้อความที่อยู่ในซิมการ์ด
0 ข้อความที่ได้รับมาแล้วยังไม่ได้อ่าน
1 ข้อความที่ได้รับมาแล้วอ่านแล้ว
2 ข้อความที่เก็บไว้สำหรับส่งแต่ยังไม่ได้ส่ง
3 ข้อความที่ส่งไปแล้ว
4 ข้อความทุกชนิด

<index> ตัวบอกตำแหน่งที่เราต้องการเลือกว่าเป็นข้อความที่เท่าไรในซิมการ์ด

<length> ความยาวของส่วนของชุดข้อความโดยจะนับแบบ octet

<pdu> ข้อความที่เป็นส่วนของศูนย์บริการส่งข้อความสั้นรวมกับส่วนของชุดข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGR

ตารางที่ 2.17 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGR

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGR=?	OK
AT+CMGR=<index>	If PDU mode (+CMGF=0) +CMGR:<stat>,[<alpha>],<length><CR><LF><pdu>

<stat> ตัวบอกสถานะของข้อความที่อยู่ในซิมการ์ด
0 ข้อความที่ได้รับมาแล้วยังไม่ได้อ่าน
1 ข้อความที่ได้รับมาแล้วอ่านแล้ว
2 ข้อความที่เก็บไว้สำหรับส่งแต่ยังไม่ได้ส่ง
3 ข้อความที่ส่งไปแล้ว
4 ข้อความทุกชนิด

<index> ตัวบอกตำแหน่งที่เราต้องการเลือกว่าเป็นข้อความที่เท่าไรในซิมการ์ด

<length> ความยาวของส่วนของชุดข้อความโดยจะนับแบบ octets

<pdu> ข้อความที่เป็นส่วนของศูนย์บริการส่งข้อความสั้นรวมกับส่วนของชุดข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGS

ตารางที่ 2.18 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGS

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGS=?	OK
AT+CMGS=<length><CR>PDU is given<ctrl-Z/ESC>	If sending is successful: +CMGS:<mr> If sending is not successful: +CMS ERROR:<err>

<length> ความยาวของส่วนของชุดข้อความโดยจะนับแบบ octets

<pdu> ข้อความที่เป็นส่วนของศูนย์บริการส่งข้อความสั้นรวมกับส่วนของชุดข้อความ

<mf> จำนวนครั้งที่เราส่งข้อความสั้นหรือตัวอ้างอิงข้อความ

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMSS

ตารางที่ 2.19 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMSS

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMSS=?	OK
AT+CMSS=<index>[,<da>[,<toda>]]	If sending is successful: +CMSS:<mr> If sending is not successful: +CMS ERROR:<err>

<index> ตัวบอกตำแหน่งที่เราต้องการเลือกว่าเป็นข้อความที่เท่าไรในซิมการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<da> เป็นหมายเลขโทรศัพท์ที่เราต้องการส่งข้อความสั้นโดยจะอยู่ในรูป "หมายเลข" ซึ่งอยู่ในรหัสแอสกี้

<toda> เป็นหมายเลขโทรศัพท์ที่เราต้องการส่งข้อความสั้นโดยจะอยู่ในรูป "+รหัสประเทศตามด้วยหมายเลข" ซึ่งอยู่ในรูปตัวเลข

<mf> จำนวนครั้งที่เราส่งข้อความสั้นหรือตัวอ้างอิงข้อความ

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGW

ตารางที่ 2.20 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGW

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGW=?	OK
If PDU mode (+CMGF=0) AT+CMGW=<length>[,<stat>]<CR>PDU is given <ctrl-Z/ESC>	 +CMGW:<index> +CMS ERROR:<err>

<stat> ตัวบอกสถานะของข้อความที่อยู่ในซิมการ์ด
0 ข้อความที่ได้รับมาแล้วยังไม่ได้อ่าน
1 ข้อความที่ได้รับมาแล้วอ่านแล้ว
2 ข้อความที่เก็บไว้สำหรับส่งแต่ยังไม่ได้ส่ง
3 ข้อความที่ส่งไปแล้ว
4 ข้อความทุกชนิด

<index> ตัวบอกตำแหน่งที่เราต้องการเลือกว่าเป็นข้อความที่เท่าไรในซิมการ์ด

<length> ความยาวของส่วนของชุดข้อความโดยจะนับแบบ octets

<pdu> ข้อความที่เป็นส่วนของศูนย์บริการส่งข้อความสั้นรวมกับส่วนของชุดข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGD

ตารางที่ 2.21 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGD

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CMGD=?	OK
AT+CMGD=<index>	OK/ERROR/+CMS ERROR

<index> ตัวบอกตำแหน่งที่เราต้องการเลือกว่าเป็นข้อความที่เท่าไรในซิมการ์ด

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSMS

ตารางที่ 2.22 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CSMS

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CSMS=?	+CSMS: (list of supported <service>s)
AT+CSMS?	+CSMS: <service>,<kt>,<mo>,<bm>,
AT+CSMS=[<service>]	+CSMS: <mt>,<mo>,<bm> OK/ERROR/+CMS ERROR

<service> 0 GSM 3.40 และ 3.41

<mt> 1 รองรับรูปแบบ Mobile Terminate Massage

0 ไม่รองรับรูปแบบ Mobile Terminate Massage

<mo> 1 รองรับรูปแบบ Mobile Originate Massage

0 ไม่รองรับรูปแบบ Mobile Originate Massage

<bm> 1 รองรับรูปแบบ Broadcast Type Massage

0 ไม่รองรับรูปแบบ Broadcast Type Massage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CPMS

ตารางที่ 2.23 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CPMS

คำสั่ง	ค่าตอบสนอง
AT+CPMS=?	+CPMS: (list of supported <meml>s), (list of supported<mem2>s),(list of supported <mem3>s)
AT+CPMS?	+CPMS:<meml>,<usel>,<total1>,<mem2>,<use2>, <total2>,<mem3>,<use3>,<total3>,
AT+CPMS=<mem1>[,<mem2>,[<mem3>]]	+CPMS:<use1>,<total1>,<use2>,<total2>,<use3>,<total3> OK/ERROR/+CMS ERROR

<mem1> ส่วนของความจำสำหรับอ่านและลบข้อความ

<mem2> ส่วนของความจำสำหรับเขียนและส่งข้อความ

<mem3> ส่วนของความจำสำหรับข้อความที่รับมาเก็บไว้

<memx> ส่วนของความจำสำหรับอ่านและลบข้อความ

<usex> จำนวนข้อความที่เก็บอยู่ใน <memx>

<totalx> จำนวนข้อความทั้งหมดที่สามารถเก็บได้ใน <memx>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGC

ตารางที่ 2.24 ลักษณะชุดคำสั่งของ AT+CMGC

คำสั่ง	คำตอบสนอง
AT+CMGC=?	OK
If PDU mode (+CMGF=0) AT+CMGC=<length><CR>PDU is given <ctrl-Z/ESC>	If sending is successful: +CMGC:<mr> If sending is not successful: +CMS ERROR:<err>

<length> ความยาวของส่วนของชุดข้อความโดยจะนับแบบ octets

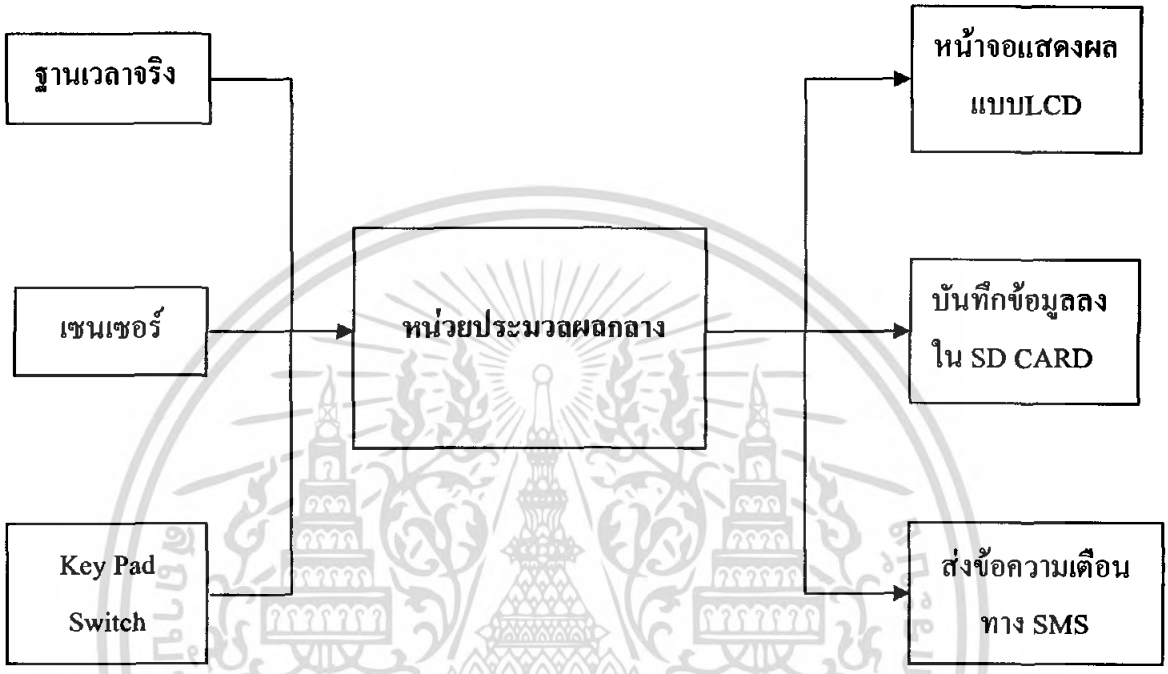
<pdu> ข้อความที่เป็นส่วนของศูนย์บริการส่งข้อความสั้นรวมกับส่วนของชุดข้อความ

<mf> จำนวนครั้งที่เราส่งข้อความสั้นหรือตัวอ้างอิงข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 หลักการทำงาน



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS

ตัวควบคุมและประมวลผลส่วนกลางทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ได้แก่ ระบบฐานเวลาจริง, เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ, หน้าจอแสดงผลLCD, Key Pad Switch และหน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา

เมื่อเริ่มใช้งานต้องทำการตั้งค่าเวลาของเครื่องบันทึกข้อมูลให้ตรงกับค่าเวลาปัจจุบัน และในกรณีที่ต้องการใช้ตัวตรวจจับสัญญาณที่ให้สัญญาณ output เป็นสัญญาณแอนะล็อก ต้องทำการตั้งค่าเพื่อเปิดและเลือกพอร์ตใช้งาน A/D ด้วย หลังจากนั้นให้ทำการ ตั้งค่าสูงสุดต่ำสุดของค่าสัญญาณที่รับมาจากตัวตรวจจับสัญญาณ เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการส่งสัญญาณเตือน และสุดท้ายจะเป็นการตั้งค่าความถี่ของเวลาในการจัดเก็บข้อมูลลงใน SD CARD โดยปกติถ้าไม่ได้ตั้งค่า ระบบจะกำหนดให้เก็บค่าความเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 วินาที การตั้งค่าเริ่มต้นทั้งหมดนี้จะกระทำที่ Key Pad Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่าสัญญาณที่วัดได้มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าอ้างอิงที่ได้ตั้งไว้ หน่วยประมวลผลจะทำการส่งสัญญาณเตือน(Alert Signal) ผ่านทางระบบ SMS ไปยังผู้ใช้งาน ทำให้ทราบสภาวะของระบบที่สนใจหรือดูแลรับผิดชอบอยู่ และสามารถที่จะเข้ามาจัดการแก้ไขในข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ทัน

3.2 องค์ประกอบของโครงงาน

จากรูปที่ 3.1 จะพบว่าโครงงานชิ้นนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง

ในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์PICเบอร์18F4620 เป็นหน่วยประมวลผลกลางที่ช่วยในการควบคุมอุปกรณ์หน่วยต่างๆผ่านทางบัสข้อมูลอนุกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำงานได้กว้างและใช้อุปกรณ์ต่อร่วมจากภายนอกน้อยมาก นอกจากนี้ยังสามารถประมวลคำสั่งได้ภายใน 1 แมชชีนไซเคิล ยกเว้นคำสั่งกระโดดที่ต้องใช้เวลาทำงานที่ 2 แมชชีนไซเคิล

PIC คือ microcontroller อีกตระกูลหนึ่งย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง microcontroller ตระกูลนี้ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM-MEMROY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งทำให้มันเหมือนกัน CPU ตัวนึงเลยทีเดียว

3.2.1.1 ความเร็วของ PIC

ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 μsec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

3.2.1.2 หน่วยความจำของ PIC

ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีทีท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่ หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีหน่วยความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 Kword ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า 1 x 1,024 x 14 = 14,336 bits ดังนั้นก็คือ 14,336/(8 x 1,024) = 1.75K bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 สถาปัตยกรรมของ PIC

ตอนนี้มี 3 สายหลักๆ สมัยก่อนมีแค่สอง คือขึ้นต้นด้วย 16xxx,17xxx และใหม่ล่าสุดคือ 18xxx ถ้าพูดถึง คุณสมบัติที่เหนือกว่าเรียงจากน้อยสุดไปมากสุดก็คือ 16 -> 17 -> 18 คำสั่ง assembly ของ 17 และมี 18 จะมีมากกว่า 16 ทำให้เขียนโปรแกรมได้ง่ายกว่า ราคาก็จะสูงกว่าด้วย แต่ที่เป็นที่นิยมก็คือตระกูล 16xxx

PIC จะยึดถือการออกแบบที่ว่ารวมทุกอย่างไว้ใน chip ตัวเดียวโดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ใดๆ เพิ่มเติม ผลที่ตามมาก็คือแผ่นวงจรจะมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้จะไม่มาก บางงานอาจจะใช้แค่ PIC เพียงตัวเดียวโดยไม่ต้องใช้ chip อื่นมาเพิ่มเติมเลย นี่คือคุณสมบัติพิเศษของ PIC

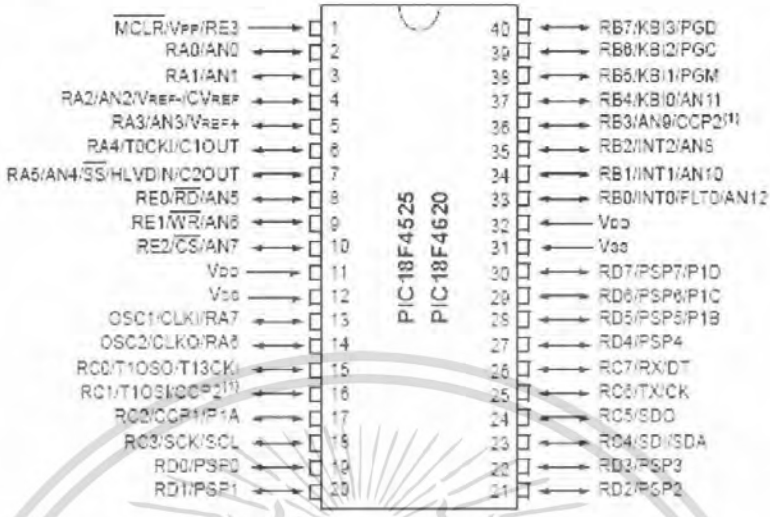
PIC แบบ EEPROM / Flash เป็น chip ที่ออกมาไม่กี่ปีนี้เอง ส่วนของ program memory สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้เป็นที่นิยมที่สุดใน 3 ประเภท มีตัวอักษร F เป็นตัวบอก เช่น 18F4620, 16F877

3.2.1.4 คุณสมบัติและขาต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. สถาปัตยกรรมภายในถูกออกแบบให้ใช้สถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduce Instruction Set Computer) คือ ทำให้การประมวลผลมีความเร็ว 1 คำสั่ง ต่อ 1 หรือ 2 แมชชีนไซเคิล
2. หน่วยความจำเป็นแบบ FLASH สำหรับบันทึก Program Memory ขนาด 64 Kbytes
3. หน่วยความจำแบบ EEPROM สำหรับบันทึก Data Memory ขนาด 1024 Bytes
4. หน่วยความจำ RAM ขนาด 3986 bytes
5. ระบบการเปลี่ยนสัญญาณ Analog to Digital ขนาด 10 บิต จำนวน 13 ช่องสัญญาณ
6. ความถี่สัญญาณนาฬิกา 0-40 MHz
7. ระบบตรวจสอบสัญญาณอนาล็อค (Analog Comparator)
8. มี TIMER/COUNTER ขนาด 8 บิท และ 16 บิท
9. มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I2C(Master/Slave)
10. มีวงจร Pulse/ Width Modulation (PWM) ความละเอียดสูงถึง 10 บิต
11. VCC 5 volt และสามารถแสดง Pin outs ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40-Pin PDIP



รูปที่ 3.2 Pinouts PIC18F4620

Controller Series	PIC18F
Core Processor	PIC
Program Memory Size	65536 Bytes
EEPROM Size	1024 Bytes
Number of I/O	36
Oscillator Type	External Only
Data Converters	A/D 13x10b
Program Memory Type	FLASH
RAM Size	3986 Bytes
Speed	40MHz

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของPIC เบอร์ 18F4620

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

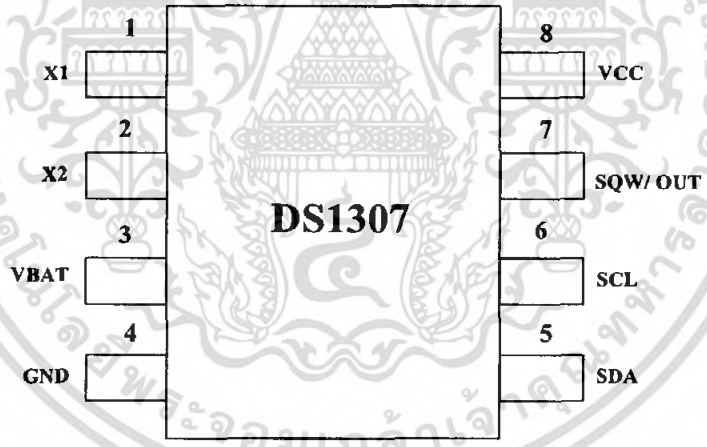
3.2.2 ระบบฐานเวลาจริง

ใช้ตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาแบบเรียลไทม์(Real Time Clock: RCT) เบอร์ DS1307 ทำหน้าที่สร้างฐานเวลา ฐานวัน เดือน ปี (โดยใช้คริสตอล 32.768 กิโลเฮิรตซ์ในการสร้าง)

3.2.2.1 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง

DS1307 เป็นไอซีสำหรับสร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ทั้งวินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, สัปดาห์, เดือนและปี ซึ่งมีคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญดังนี้

1. เป็นไอซีสร้างฐานเวลา ซึ่งให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมดอย่างละเอียดและเที่ยงตรง โดยเฉพาะสามารถปรับวันในปีอธิกสุรทิน และสร้างฐานเวลาได้ถึงปี ค.ศ. 2100
2. มีหน่วยความจำ นอนโวลาไทม์แรม 56 ไบต์อยู่ภายใน ซึ่งใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
3. ใช้ในการเชื่อมต่อแบบระบบบัส I^2C
4. มีวงจรตรวจจับไปเลี้ยง ซึ่งถ้าวงจรมีไฟเลี้ยงต่ำหรือขาดหายไป วงจรจะยังคงสามารถรักษาข้อมูลเวลาไว้ได้



รูปที่ 3.3 การจัดขาของไอซี DS 1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)

รายละเอียดการใช้งานขาของ DS1307 แสดงได้ดังรูปที่ 3.3 โดยแต่ละขามีหน้าที่และการใช้งานดังนี้

1. V_{CC}, **GND** (ขา 8, 4) ต่อไฟเลี้ยง + 5V
2. V_{BAT}(ขา 3) ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการสร้างฐานเวลาจริงของ DS1307 ให้คงอยู่ต่อไป แม้ในขณะนั้นจะไม่มีไฟเลี้ยงซึ่งจ่ายแก่ DS1307 ชนิดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

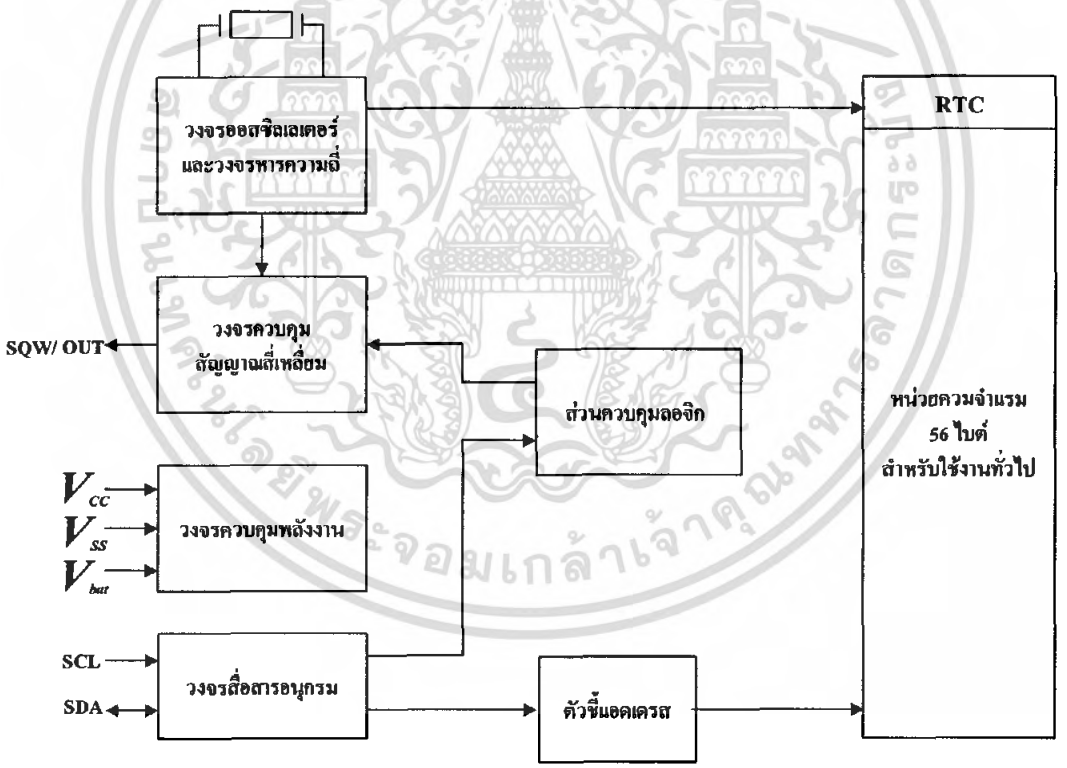
คือ แบตเตอรี่แบบลิเธียมซึ่งมีความจุ 40 mAhr หรือมากกว่านั้น ซึ่งจะสามารถรักษาข้อมูลได้นาน 10 ปี ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3. **SDA, SCL** (ขา 5 และ 6) เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์บนระบบบัส I^2C

4. **SQW/ OUT** (ขา 7) ที่ขานี้จะมีสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมส่งออกมา โดยที่สามารถเลือกความถี่ได้ 1KHz, 4.096KHz, 8.192KHz และ 32KHz ในการใช้งานต้องต่อตัวต้านทาน 1k พูลอัปที่ขานี้ด้วย

5. **X1, X2** (ขา 1 และ 2) ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768KHz เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างค่าเวลาจริง ในการใช้งานต้องต่อคริสตอลเข้ากับขาทั้งสองนี้ และที่แต่ละขาต้องต่อตัวเก็บประจุค่าต่ำๆ ประมาณ 15 *pF* ครอบกับสายกราวด์ด้วย

3.2.2.2 การทำงานของ DS 1307



รูปที่ 3.4 โครงสร้างภายในของไอซี สร้างฐานเวลาจริงเบอร์ DS 1307

ไอซี DS1307 มีการจัดการเชื่อมต่อในระบบบัส I^2C โดยจะทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟเสมอ ดังนั้น การติดต่อเพื่อใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามตามระบบบัส I^2C ดังรูปที่ 3.4 ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงไดอะแกรมการทำงานของไอซีสร้างฐานเวลาจริง DS1307 วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นหัวใจหลักของไอซี เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อมูลเวลาจริงใน ซึ่งขณะที่ DS1307 ทำงาน ขา SQW/ OUT จะมีสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลา ในกรณีที่มีการอีนาเบิล รีจิสเตอร์จะควบคุมค่าความถี่สัญญาณของวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งสามารถเลือกเก็บค่าเวลาไว้ในหน่วยความจำโวลาไทม์แรมได้ 4 ค่าพร้อมกัน มีขนาดรวม 64 ไบต์ แบ่งออกเป็นการหน่วยความจำเก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์ และเป็นหน่วยความจำใช้เก็บข้อมูลทั่วไปอีก 56 ไบต์

วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะตรวจสอบสภาวะของไฟเลี้ยงไอซีสร้างฐานเวลาจริง ซึ่งถ้ามีไฟเลี้ยงต่ำกว่า $1.25V_{BAT}$ วงจรก็จะควบคุมให้ DS1307 หยุดการทำงาน และรีเซ็ตค่าตัวนับแอดเดรสภายใน ซึ่งทำให้ไม่สามารถติดต่อกับ DS1307 ได้ ดังนั้น การใช้งาน DS1307 ต้องระมัดระวังไม่ให้ไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า $1.25V_{BAT}$ หรือประมาณ 3.75 V ในกรณีที่ใช้ V_{BAT} เท่ากับ 3V และหากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่าค่า V_{BAT} นั้นไอซีสร้างฐานเวลาจริง DS1307 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันที และจะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา SQW/ OUT แต่วงจรสร้างฐานเวลาจริงจะยังทำงานต่อ เพื่อให้เวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด และเมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1307 ก็จะสามารถให้ค่าของเวลาที่เป็นจริงแก่ผู้ใช้งานได้ต่อไป

วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS1307 ได้รับการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบระบบบัส I^2C ซึ่งเป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง DS1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่เก็บค่าเวลาและหน่วยความจำใช้งานทั่วไปได้ โดยการเขียนข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในระบบบัส I^2C

3.2.2.3 การจัดสรรหน่วยความจำใน DS1307

การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำภายใน DS1307 นั้นพื้นที่ 7 ไบต์แรก ตั้งแต่แอดเดรส *00H – 06H* เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเวลา ไบต์ต่อมาที่แอดเดรส 07H เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของ DS1307 ดังรูปที่ 3.5(ก) และ (ข) เป็นรูปแสดงการจัดสรรหน่วย ความจำแรมภายใน DS 1307 และรายละเอียดของรีจีสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจีสเตอร์ควบคุม DS 1307

การจัดสรรพื้นที่แบบนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกข้อมูลเวลาออกมาได้ตามที่ต้องการโดยไม่จำเป็นต้องเรียกข้อมูลออกมาทั้งหมด ค่าเวลาจะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบ สำหรับการแสดงเวลาในรูปชั่วโมงสามารถเลือก 2 แบบ คือ แบบ 12 ชั่วโมงจะกำหนดที่บิต 5 ในแอดเดรส 02H หรือแบบ 24 ชั่วโมง จะกำหนดที่บิต 6 ของแอดเดรส 02H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 การจัดสรรหน่วยความจำใน DS 1307
(ก) การจัดสรรหน่วยความจำแรมภายใน DS 1307
(ข) รายละเอียดของรีจีสเตอร์เก็บค่าเวลาและรีจีสเตอร์ควบคุม DS 1307

รายละเอียดของรีจิสเตอร์ควบคุม มีดังนี้

1. **OUT** (Output Control) ใช้ในการควบคุมระดับลอจิกที่ขา SQW/ OUT ในกรณีที่ดิสเอเบิลกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" ที่ขา SQW/ OUT ก็จะเป็น "1" ถ้าบิตนี้เป็น "0" ที่ขา SQW/OUT ก็จะเป็น "1" ถ้าบิตนี้เป็น "0" ที่ขา SQW/ OUT ก็จะเป็น "0"

2. **SQWE** (Square Wave Enable) ใช้ในการอีเนเบิลส่วนของวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ขา SQW/ OUT ถ้าต้องให้มีสัญญาณสี่เหลี่ยมออกให้กำหนดบิตนี้เป็น "1"

3. **RS1, RS0** (Rate Select) ใช้เลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ออกจากขา SQW/OUT ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การเลือกค่าความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม

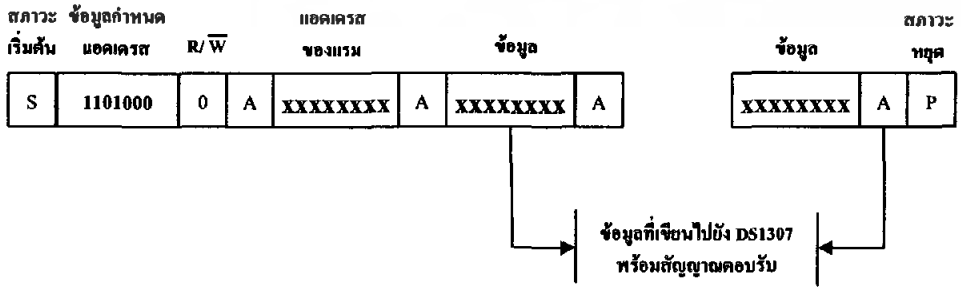
RS1	RS2	ค่าความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยม (Hz)
0	0	1
0	1	4.096 k
1	0	8.192 k
1	1	32.768 k

3.2.2.4 โหมดการทำงานของ DS1307

โหมดการทำงานของ DS1307 มี 2 โหมดคือ โหมดการเขียนข้อมูลและโหมดการอ่านข้อมูล การเริ่มต้นติดต่อกับ DS1307 จะต้องเข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อน เพื่อกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านข้อมูล จากนั้นจึงเปลี่ยนโหมดการทำงานมาเป็นโหมดการอ่านข้อมูล ซึ่งในการใช้งาน DS1307 ตามปกติจะเป็นการใช้งานเฉพาะโหมดอ่านข้อมูลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับ DS1307 เพื่ออ่านข้อมูลของเวลาที่ทำงาน โหมดการเขียนข้อมูลจะถูกใช้งานก็ต่อเมื่อผู้ใช้ต้องการตั้งค่าเวลาใหม่ และต้องการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำใช้งานทั่วไป

3.2.2.4.1 โหมดการเขียนข้อมูล

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีสภาวะเริ่มต้น (START : S) จากนั้นจะส่งข้อมูลเพื่อกำหนดแอดเดรส 11010000 ตามด้วยการเลือกโหมดการเขียนข้อมูล นั่นคือ มีลอจิก "0" จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอการตอบรับจาก DS1307 แล้วส่งข้อมูลเพื่อเลือกแอดเดรสที่ต้องการเขียนข้อมูล หลังจากนั้นก็เริ่มทยอยเขียนข้อมูลลงไปในแต่ละแอดเดรส ซึ่งหลังจากเขียนข้อมูลในแต่ละแอดเดรสนั้น จะต้องหยุดรอการตอบรับจาก DS1307 ทุกครั้ง จึงสามารถจะเขียนข้อมูลต่อไปได้ เมื่อเขียนข้อมูลเรียบร้อยแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสภาวะหยุด (STOP : P) เพื่อเป็นการแสดงว่าระบบได้สิ้นสุดการเขียนข้อมูลแล้ว ดังรูปที่ 3.6

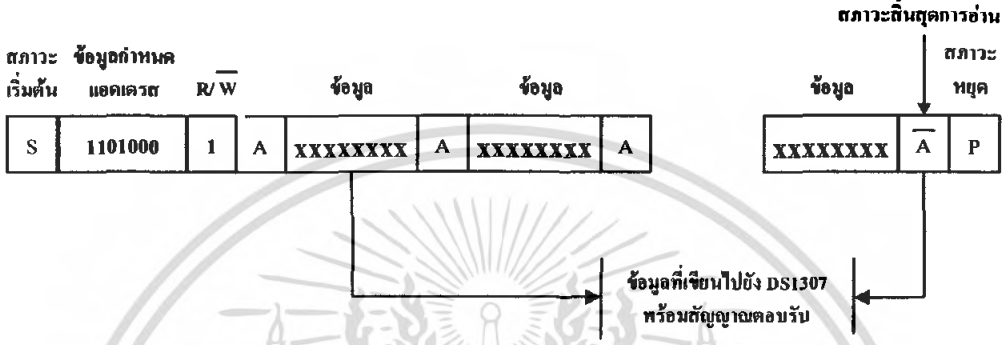


รูปที่ 3.6 การต่อกับไอซีสร้างฐานเวลาจริง DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4.2 โหมดการอ่านข้อมูล

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นทำงาน จะทำงานเหมือนกับโหมดการเขียนข้อมูล โดยมีการกำหนดแอดเดรสแล้วเลือกโหมดการอ่านข้อมูล ซึ่งจะมีลอจิกเป็น "1" จากนั้นไมโคร - คอนโทรลเลอร์จะรอการดอบรับจาก DS1307 แล้วจะทยอยส่งข้อมูลออกมาให้ไมโครคอนโทรล - เลอร์ครั้งละ 1 แอดเดรสหรือ 1 ไบต์ โดยแอดเดรสที่เลือกอ่านข้อมูลจะต้องมีการกำหนดมาโดย โหมดการเขียนข้อมูลล่วงหน้าแล้ว ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่อไอซีสร้างฐานเวลาจริง DS1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล

3.2.3 เซนเซอร์

เซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ หรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่นอุณหภูมิ แสง เสียง ความเร็ว(speed) แรงทางกล(force) เป็นต้น จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนให้เป็น สัญญาณออก หรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้มาจากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่ง (measurable output) ที่สามารถนำไป ประมวลผลต่อได้

โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ เซนเซอร์ที่มีการส่งข้อมูลแบบดิจิตอล (DS1820) และ เซนเซอร์ที่มีการส่งข้อมูลแบบ อนาล็อก (LM35)

3.2.3.1 เซนเซอร์ที่มีการส่งข้อมูลแบบดิจิตอล (DS1820)

3.2.3.1.1 หลักการเบื้องต้นของไอซี DS1820

ไอซี DS1820 เป็นไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสายซึ่งถือได้ว่าเป็น ระบบที่มีความชาญฉลาด และใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาน นาฬิกามาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่น สาย-ข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสายสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะ ของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณในแต่ละช่องของเวลาซึ่งเรียกว่า ไทม์สล็อต (Time Slot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่างๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจนการถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้น รูปแบบการถ่ายทอด ข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีแผงวงจรเดียวกัน

คุณสมบัติของ DS1820

1) DS1820 สามารถ Interface โดยใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว

2) DS1820 เพียงตัวเดียว สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ร่วม

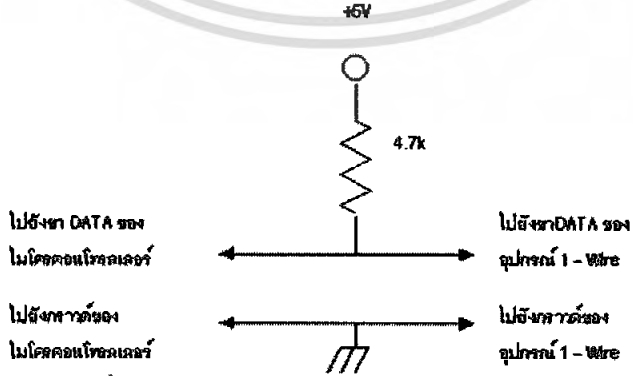
3) DS1820 มีย่านวัดอยู่ที่ +125 ถึง -55 °C

4) DS1820 มีความละเอียดในการวัดได้ 0.5 °C

3.2.3.1.2 การอินเตอร์เฟสผ่านสายเส้นเดียว

การเชื่อมต่อหรือการอินเตอร์เฟส (Interface) ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้จำนวนสายสัญญาณให้น้อยที่สุดได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจากหลายบริษัทผู้ผลิต เช่น การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงแบบอนุกรม (Serial Peripheral Interface, SPI) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC1 ของโมโตโรลา การเชื่อมต่อแบบ SPI นี้ช่วยให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์แลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ด้วยความเร็วถึง 1 ล้านบิตต่อวินาที โดยใช้สายรับส่งสัญญาณเพียง 3 หรือ 4 เส้น รวมกับสายกราวด์อีกหนึ่งเส้น

อุปกรณ์ที่สนับสนุนระบบบัสเพียงเส้นเดียวจะมีสายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้นคือสายกราวด์และสายสัญญาณ ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า สาย DATA สายนี้จะจัดการเกี่ยวกับทั้งสัญญาณข้อมูลและสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล สาย DATA นี้จะเป็นชนิด Open Drain ดังนั้นในการออกแบบวงจร จะต้องออกแบบให้มีตัวต้านทานมาพูลอัพสาย DATA นี้ด้วยให้ดูรูปแผนผังแสดงการต่อระบบบัสของ 1 Wire Bus ดังรูปที่ 3.8

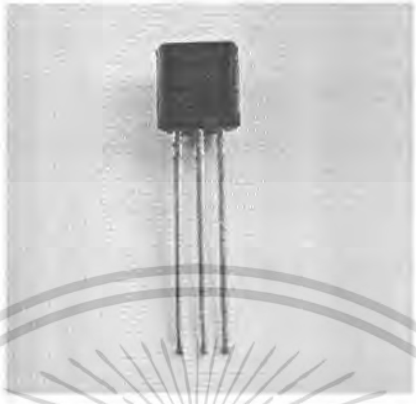


รูปที่ 3.8 แผนผังของระบบบัสแบบ 1- Wire Bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 เซนเซอร์ที่มีการส่งข้อมูลแบบอนาล็อก (LM35)

LM35 เป็นเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิชนิดหนึ่งซึ่ง มีความแม่นยำในการวัดค่อนข้างสูง และ แรงดัน OUTPUT นั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิในหน่วยของศาเซลเซียส



รูปที่ 3.9 ลักษณะการจัดขาของไอซี DS1820

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

1.ให้สัญญาณ Output ออกมาเป็นสัญญาณ Voltage

2.มีความเป็นเชิงเส้นที่ 0 MV/°C – 10 MV/°C

3.มีย่านการวัดที่ -55 °C – 150 °C

4.มีความถูกต้องแม่นยำในการวัดค่าอุณหภูมิค่อนข้างสูง

5.มีย่านการใช้งานอยู่ในช่วง 4 – 30Volt

6.กินกระแสน้อยกว่า 60 μA

7.ความต้านทานทางด้าน Output มีค่าต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 หน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา (SD CARD)

คุณสมบัติพื้นฐาน

1. ความจุข้อมูล 1 GB

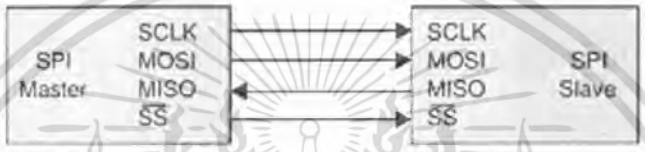
2.ขนาด 24mm x 32mm x 1.4mm (กว้าง x ยาว x หนา)

3.ความเร็วในการอ่านข้อมูล 1MB-3Mb/sec

4.ความเร็วในการเขียนข้อมูล 800KB-2 MB/sec

5.รองรับการใช้งานในโหมด SPI

3.2.4.1 SPI Mode



รูปที่ 3.10 การรับส่งข้อมูลระหว่าง Master กับ Slave

SPI เป็นการรับส่งข้อมูล ระหว่าง Master (ส่วนใหญ่จะเป็น MCU) กับ Slave (อาจจะเป็น MCU หรือ IC อื่นๆที่มี SPI ก็ได้) การรับส่งข้อมูลเป็นแบบ Full-Duplex คือสามารถรับ และส่งข้อมูลได้พร้อมกัน และเป็นแบบ Synchronous คือ การรับส่งข้อมูลจะเป็นไปตามจังหวะสัญญาณ Clock ที่ Master ส่งออกมา (แบบ Asysnchronous จะไม่ใช้สัญญาณ Clock แต่จะใช้การตั้งค่า Baudrate ให้ตรงกัน) โดยสามารถกำหนดการใช้งานขาพอร์ตได้ทั้งแบบ 3 ขาและ 4 ขา ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน หากเป็นการเลือกใช้งานเพียง 3 ขาจะประกอบด้วยขาพอร์ตดังนี้

Serial Data Out (MISO) ขาพอร์ตส่งข้อมูล (อุปกรณ์สเลฟ) ต่อเข้ากับขาพอร์ตรับข้อมูล (อุปกรณ์มาสเตอร์) สำหรับ PIC18F4620 คือขาพอร์ต RC5/SDO

Serial Data In (MOSI) ขาพอร์ตรับข้อมูล (อุปกรณ์สเลฟ) ต่อเข้ากับขาพอร์ตส่งข้อมูล (อุปกรณ์มาสเตอร์) สำหรับ PIC18F462 0คือขาพอร์ต RC4/SDI/SDA

Serial Clock (SCLK) ขาพอร์ตกำหนดสัญญาณนาฬิกา (อุปกรณ์มาสเตอร์) สำหรับ PIC18F4620 คือขาพอร์ตRC3/SCK/SCL/LVDIN

หากทำงานในแบบ 4 ขอพอร์ตจะมีขาพอร์ตเพิ่มอีก 1 ขาคือ **Slave Select (SS)** ขาเลือกอุปกรณ์สเลฟ สำหรับ PIC18F4620 คือขาพอร์ต RC2

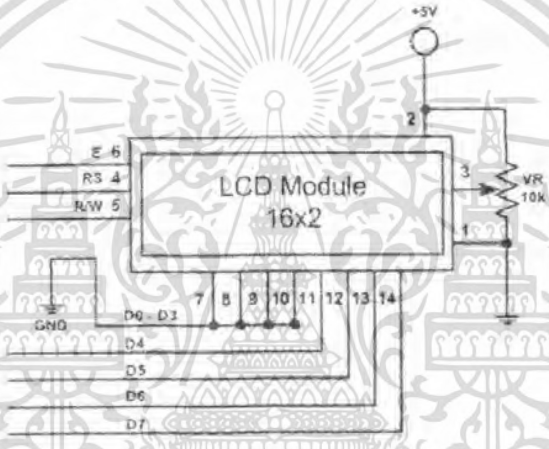
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 จอแสดงผล แบบ LCD

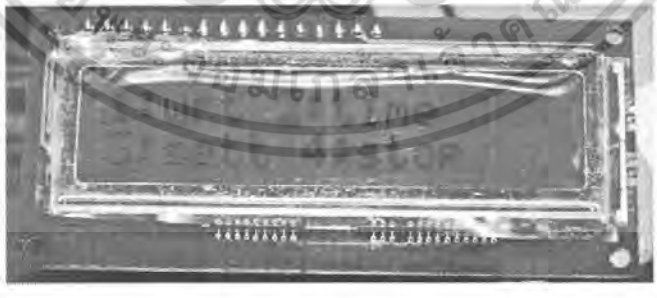
หน่วยแสดงผลโมดูล LCD (Liquid Crystal Display module) หรือหน่วยแสดงผลแบบผลึกเหลวโดยโมดูล LCD จะมีอยู่ 2 ชนิด ด้วยกัน คือแบบตัวอักษร(Dot Matrix LCD) และ แบบกราฟฟิก(Graphic LCD)

3.2.5.1 Dot Matrix LCD จอ LCD พวกนี้เมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพราะมันสามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลได้ แต่จะต้องต่อร่วมกับ ไมโครคอนเลอร์ สำหรับ LCD พวกนี้จะมี LCD Controller อยู่ภายใน ตัวอย่างเช่น LCD 8x2 ,16x2 ที่ใช้นิยมใช้กันมาก

3.2.5.2 Graphic LCD สำหรับ LCD ประเภท เป็น LCD ที่สามารถแสดงทั้งภาพและตัวอักษรได้ โดยที่ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมกำหนดรูปแบบตัวอักษรเอง



รูปที่ 3.11 วงจรการต่อใช้งานจอแสดงผลแบบ LCD



รูปที่ 3.12โครงสร้างพื้นฐานของโมดูล LCD แบบตัวอักษร

รายละเอียดขาสัญญาณของโมดูล LCD มีดังนี้

ขาที่ 1: GND สำหรับต่อขากราวด์ของวงจร

ขาที่2: $+V_{CC}$ ต่อกับไฟเลี้ยง+5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่3: Vo สำหรับปรับความสว่างของหน้าจอโมดูล LCD

ขาที่4:RS(Register Select) ขาเลือกการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือข้อมูลโดย " 0 " จะติดต่อคำสั่ง และ " 1 " จะติดต่อข้อมูล

ขาที่5:R/W(Read/write control) ขาอ่านหรือเขียนข้อมูลกับคมดุลLCD

ขาที่6:E(Enable)ป้อนสัญญาณพัลส์ให้โมดูล LCD ทำงาน

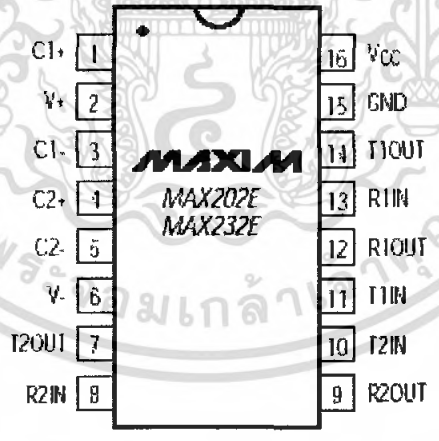
ขาที่7: ถึง 14 :D0-D7(DATA)เป็นขาข้อมูล

3.2.5.2 การเชื่อมต่อ LCD

ในการเชื่อมต่อLCD โมดูล เข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถเชื่อมต่อได้ 2 แบบคือแบบ 4 บิต และ 8 บิต แต่ในส่วนของโครงงานชิ้นนี้ จะเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ LCD ในแบบ 4 บิต เพื่อลดจำนวนการใช้พอร์ตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนั้นขาดาต้าที่ใช้ของ LCD จึงใช้ตั้งแต่ D4 จนถึง D7 เท่านั้น

3.2.6 IC MAX232

เป็น IC ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันที่เข้ามาจาก Serial Port ไปเป็นแรงดันตามมาตรฐานของ RS-232 โดยเปลี่ยนระดับแรงดันทีทีแอล (TTL) เพื่อทำให้ใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์



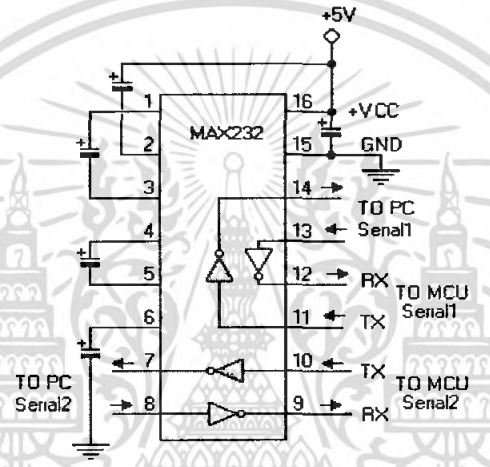
รูปที่ 3.13 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232

3.2.6.1 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

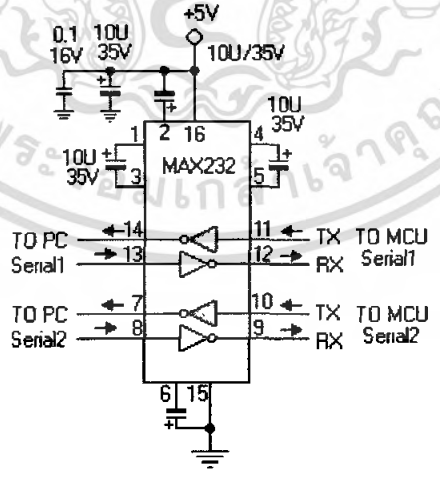
การใช้งานวงจรพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลก-เปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่อง-จากระดับสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ $\pm$ 3 $\pm$ 12 V ในขณะที่ระดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในระดับทีทีแอล ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ ไอซีทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น รูปที่ 3.14 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี และรูปที่ 3.15 แสดงส่วนวงจรของการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.14 โครงสร้างภายในของ IC MAX232



รูปที่ 3.15 การต่อใช้งาน MAX232 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

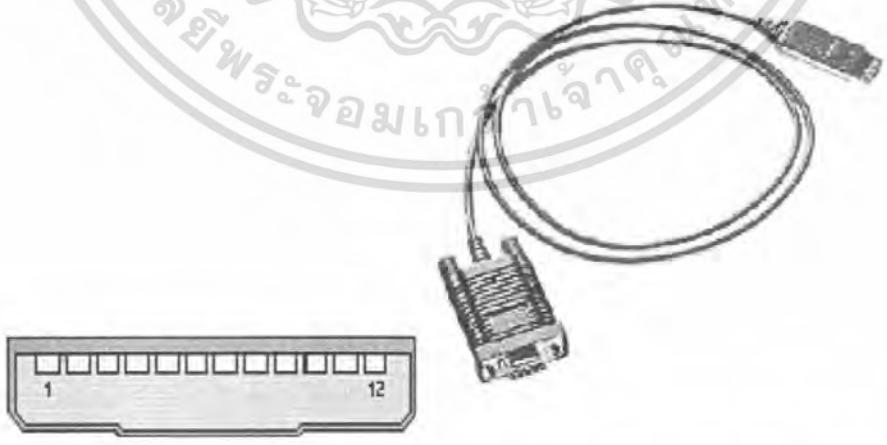
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 โทรศัพท์เคลื่อนที่

ในการทำงานโครงงานนี้ได้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ Siemens รุ่นC45 ดังแสดงไว้ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 แสดงโทรศัพท์เคลื่อนที่ Siemens รุ่น C45

ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นนี้จะมีพอร์ตที่สามารถต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้ ซึ่งต่อเข้ากับไมโครคอนโทรเลอร์ทางพอร์ตอนุกรม โดยใช้สายส่งข้อมูลตามรุ่นของโทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 3.17 แสดงพอร์ตต่ออุปกรณ์ภายนอกของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้งาน และสายส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในแต่ละขาสามารถอธิบายได้ดังนี้

-ขาที่ 1 กราวด์ (GND)

-ขาที่ 2 ไม่นำมาใช้งาน

-ขาที่ 3 ขั้วบวกใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่

-ขาที่ 4 ไม่นำมาใช้งาน

-ขาที่ 5 (TX) ใช้ในการส่งข้อมูล

-ขาที่ 6 (RX) ใช้ในการรับข้อมูล

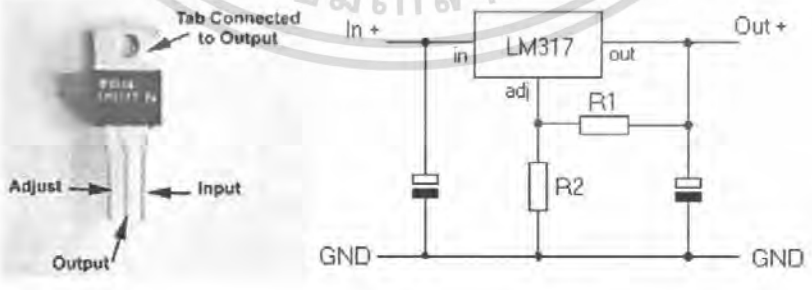
-ขาที่ 7-11 ไม่นำมาใช้งาน

3.2.8 LM 317T

ไอซี 3 ขาที่ใช้เป็นวงจรเรกกูเรเตอร์แบบปรับค่าแรงดันเอาต์พุตในโครงงานชิ้นนี้คือ LM 317T ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถปรับแรงดันเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 1.2 V – 37 V และจ่ายกระแสได้ 1.5 A

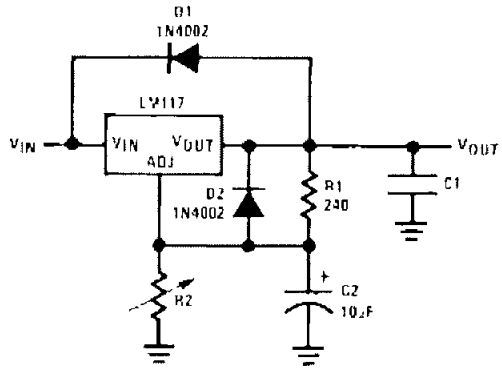
รูปที่3.18 LM 317T

3.2.8.1 วงจรเรกกูเรเตอร์ปรับค่าแรงดันเอาต์พุตพื้นฐานโดยใช้ LM 317T



รูปที่ 3.19 วงจรเรกกูเรเตอร์พื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 วงจรเรกกูเรเตอร์แบบต่อตัวไดโอด

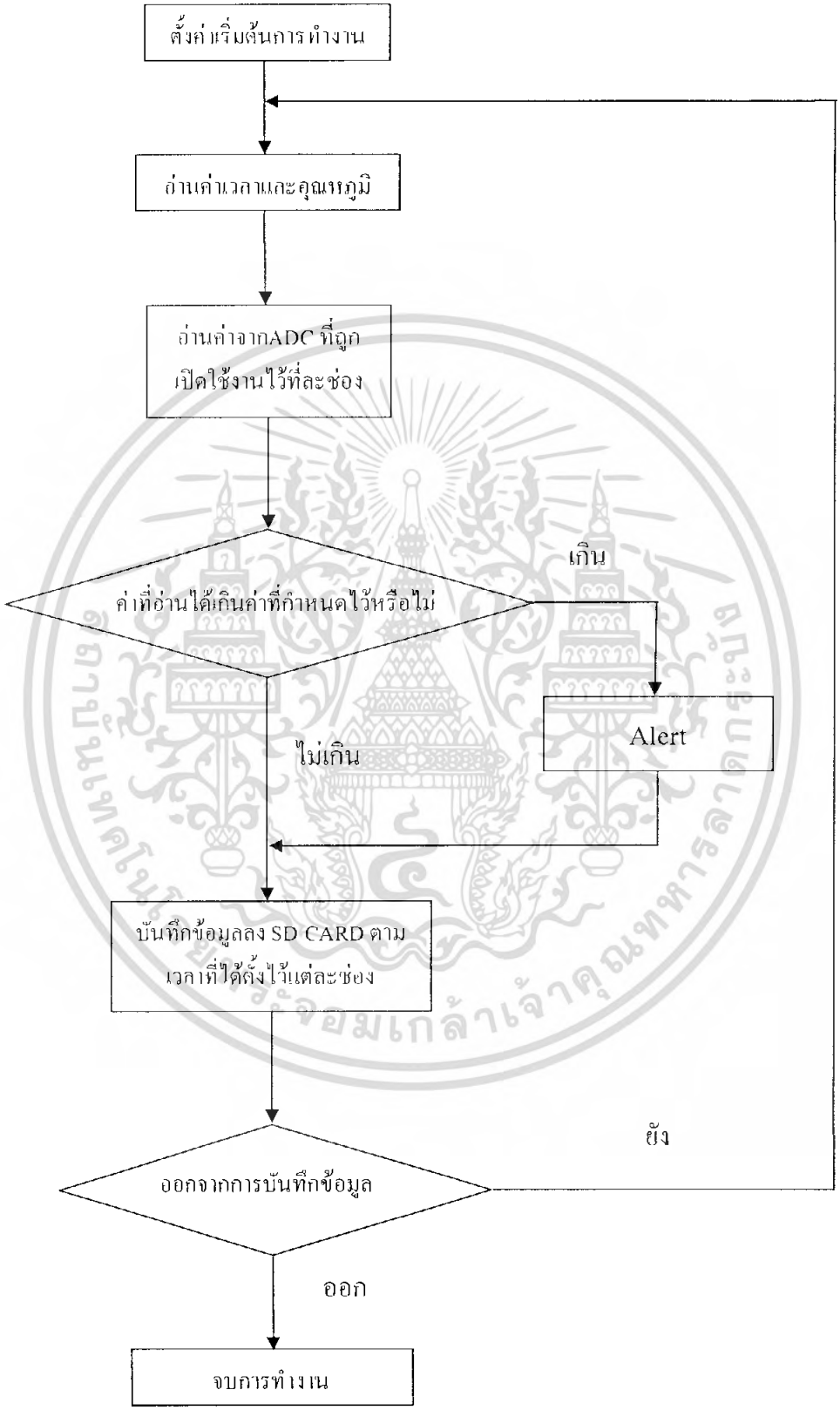
วงจรเรกกูเรเตอร์ที่ใช้ในโครงงานชิ้นนี้ ใช้ชนิดที่ต่อตัวไดโอดเข้ามาเพื่อใช้ในกรณีที่ต้องการแรงดัน output ที่มีค่ามากกว่า 25 Volt พร้อมทั้งป้องกันกระแสและแรงดันป้อนกลับที่ มีค่ามาก ส่วนตัว C2 ที่ใส่เข้ามาเพื่อใช้ลดผลของกระแส ripple ลง

3.2.8.2 สูตรในการคำนวณค่าแรงดัน OUTPUT

$$V_{out} = 1.25V\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)+I_{Adj}R_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

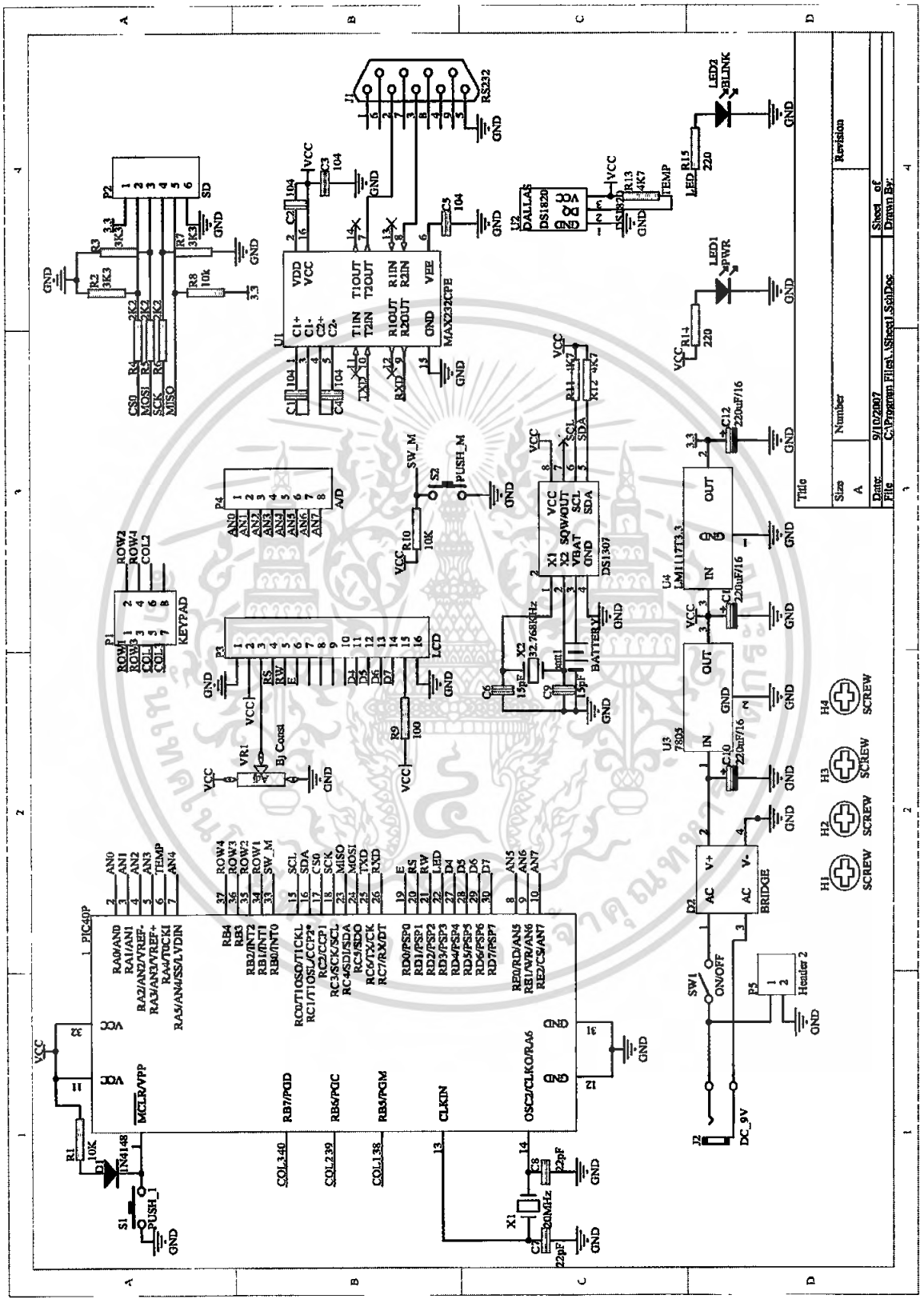
3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.21 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม

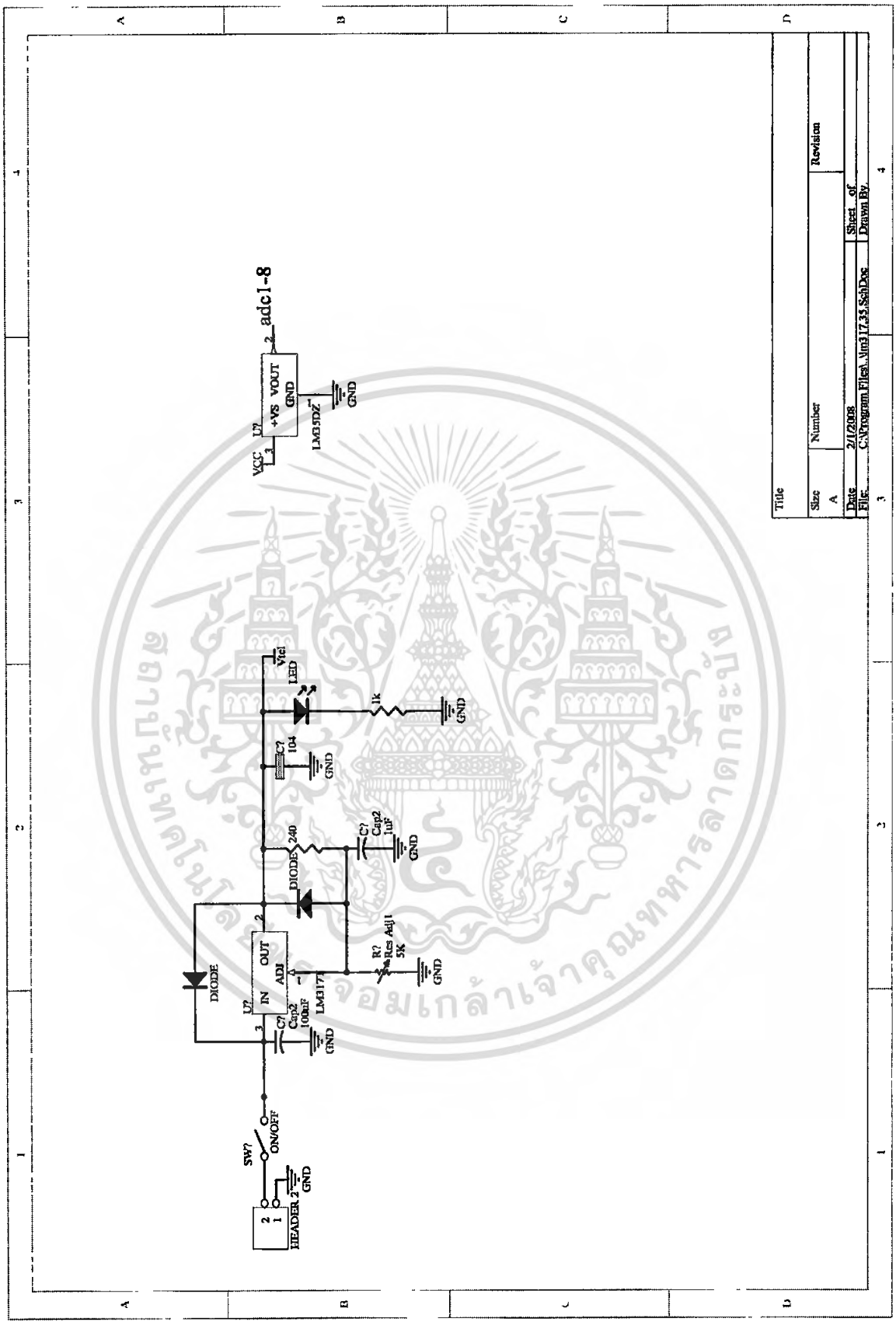
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.22 วงจรสมบูรณ์ของส่วนควบคุมการทำงาน

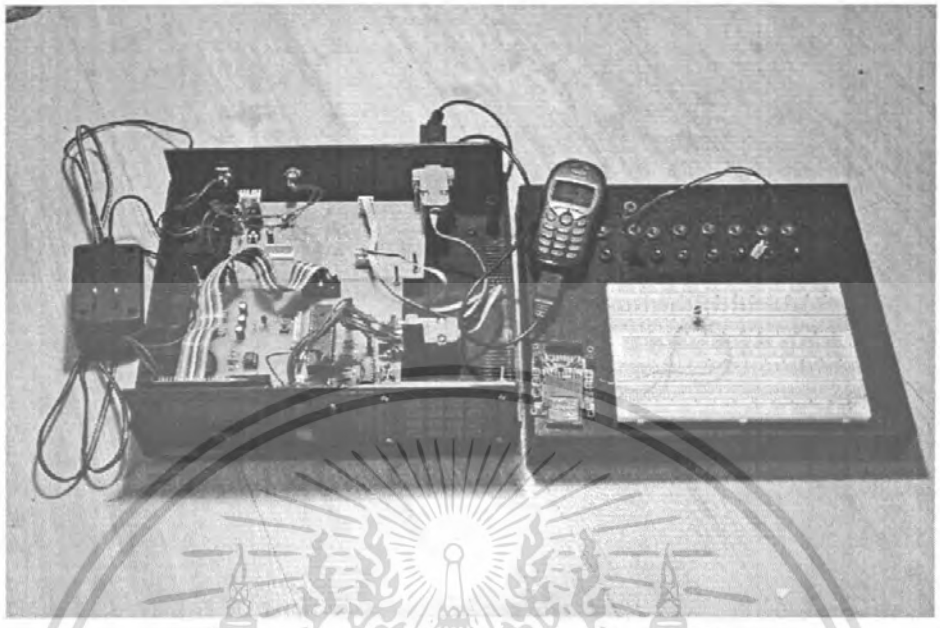
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



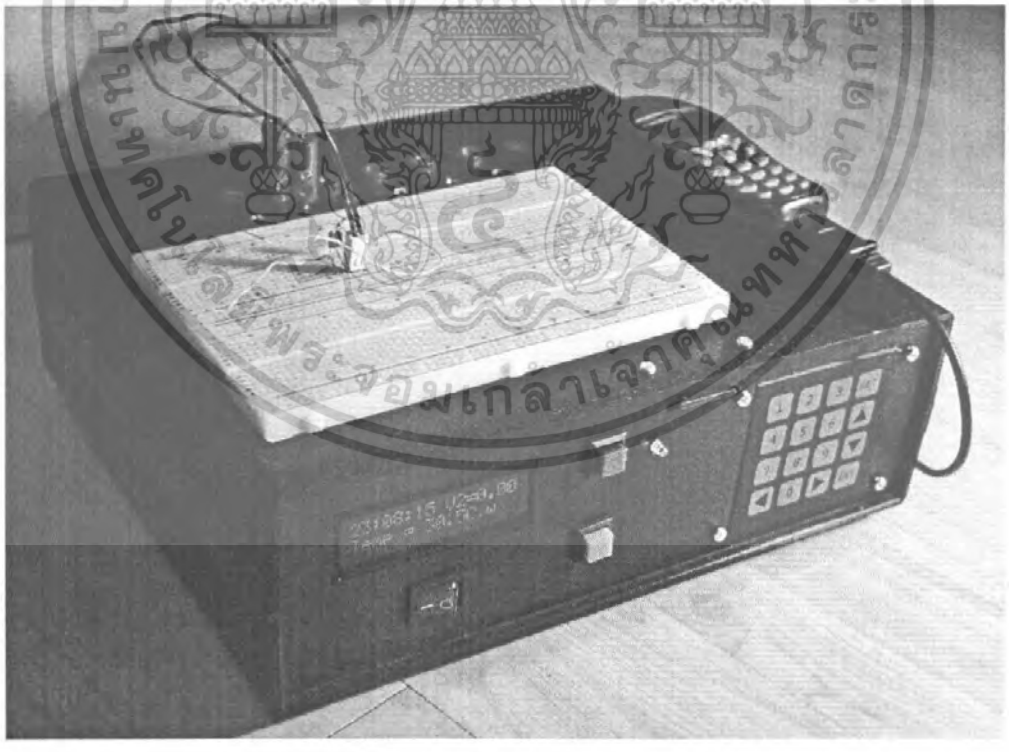
รูปที่ 3.23 วงจรการชาร์จโทรศัพท์ และ วงจรสำหรับอุปกรณ์ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 โครงสร้างรวมของโครงงาน



รูปที่ 3.24 โครงสร้างภายในของเครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS



รูปที่ 3.25 เครื่องบันทึกข้อมูลและการเตือนแบบ SMS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1

การตั้งค่าการใช้งาน A/D ทั้ง 8 พอร์ต และ การตั้งค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลการเปลี่ยน-แปลงอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ LM35 และ DS1820

วัตถุประสงค์

เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิในการทำงานที่ต้องการโดยการเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ

วิธีทำ

1. เปิดเครื่อง ทำการตั้งค่าเวลาให้ตรงกับเวลาในปัจจุบัน
2. เปิดการทำงานของพอร์ต A/D ทั้ง 8 พอร์ต จาก Keypad Swatch
3. ทำการตั้งค่าความถี่ในการจัดเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทั้ง 8 พอร์ต โดยให้แต่ละพอร์ตมีความถี่ในการเก็บข้อมูลไม่เท่ากัน

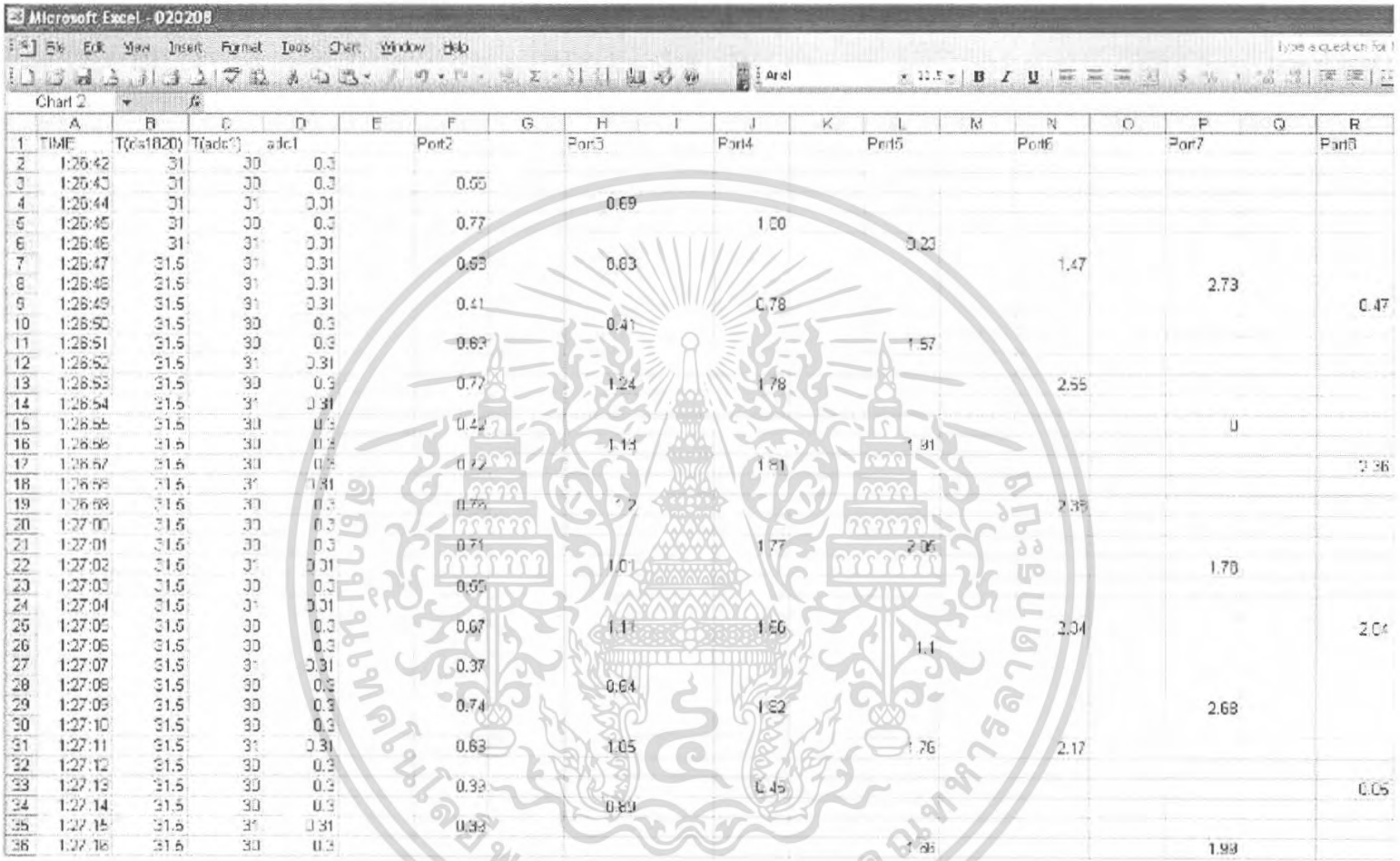
พอร์ต	1	มีความถี่ในการจัดเก็บข้อมูล	1	วินาทีต่อครั้ง
“	2	“	2	“
“	3	“	3	“
“	4	“	4	“
“	5	“	5	“
“	6	“	6	“
“	7	“	7	“
“	8	“	8	“

4. เริ่มต้นทำงาน
5. ทำการเก็บค่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
6. นำข้อมูลมาเขียนลงใน Excel พร้อมทั้ง วาดกราฟ

ผลการทดลอง

จากการทดลอง นำข้อมูลที่บันทึกลง SD CARD มาเขียนลงใน Excel พร้อมทั้งวาดกราฟ ได้ผลดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



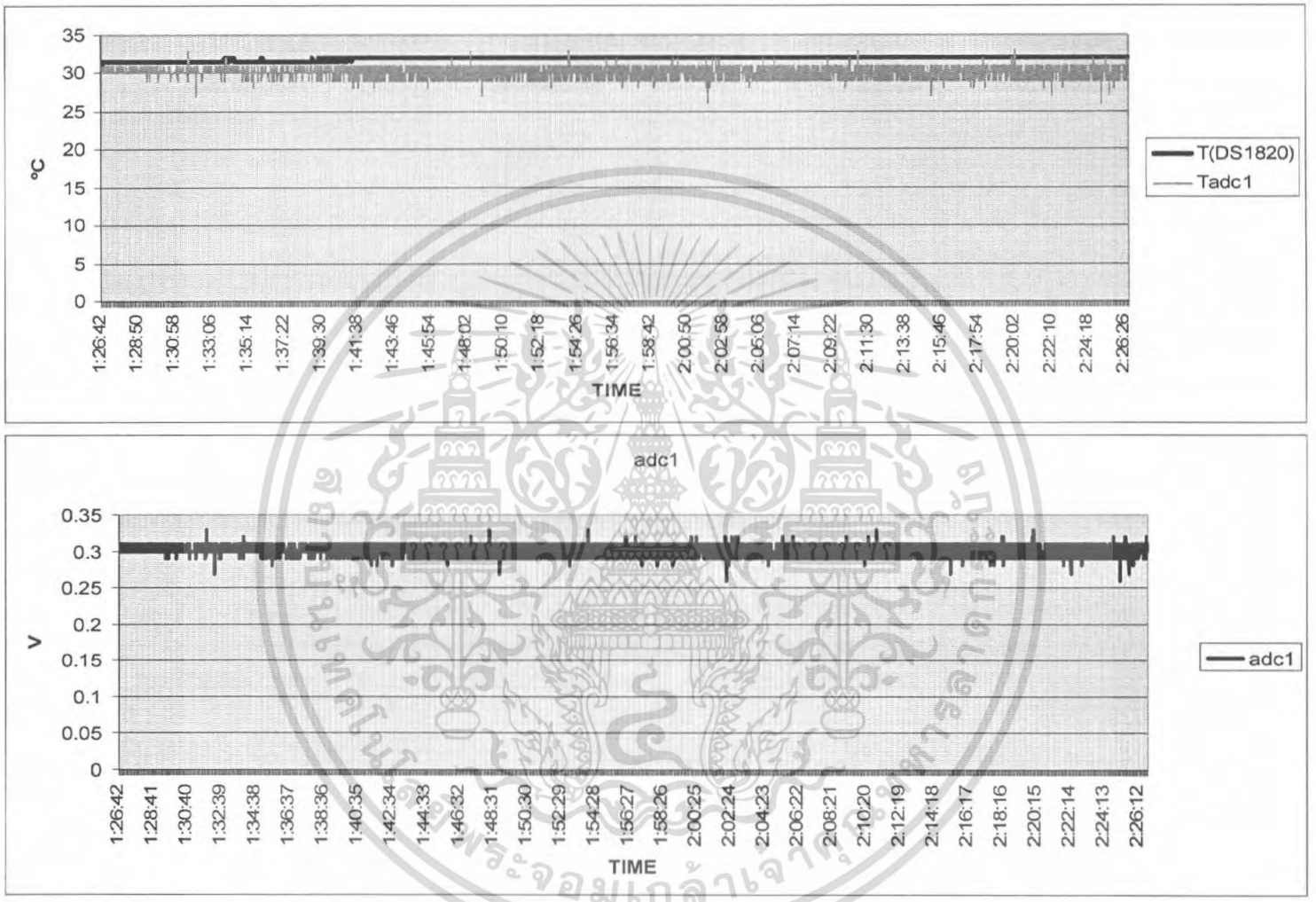
Microsoft Excel - 020208

File Edit View Insert Format Tools Chart Window Help

Chart 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	TIME	T(ds1820)	T(adc1)	adc1		Port2		Port3		Port4		Port5		Port6		Port7		Port8
2	1:26:42	31	30	0.3														
3	1:26:43	31	30	0.3		0.66												
4	1:26:44	31	31	0.31				0.69										
5	1:26:45	31	30	0.3		0.77				1.00								
6	1:26:46	31	31	0.31								0.23						
7	1:26:47	31.5	31	0.31		0.63		0.83						1.47				
8	1:26:48	31.5	31	0.31												2.73		
9	1:26:49	31.5	31	0.31		0.41				0.78								0.47
10	1:26:50	31.5	30	0.3				0.41										
11	1:26:51	31.5	30	0.3		0.63						1.57						
12	1:26:52	31.5	31	0.31														
13	1:26:53	31.5	30	0.3		0.72		1.24		1.78				2.55				
14	1:26:54	31.5	31	0.31														
15	1:26:55	31.5	30	0.3		0.42										0		
16	1:26:56	31.5	30	0.3				1.15				1.91						
17	1:26:57	31.5	30	0.3		0.72				1.81								2.36
18	1:26:58	31.5	31	0.31														
19	1:26:59	31.5	30	0.3		0.73		1.2						2.35				
20	1:27:00	31.5	30	0.3														
21	1:27:01	31.5	30	0.3		0.71				1.77		2.06						
22	1:27:02	31.5	31	0.31				1.01								1.70		
23	1:27:03	31.5	30	0.3		0.66												
24	1:27:04	31.5	31	0.31														
25	1:27:05	31.5	30	0.3		0.67		1.11		1.66				2.04				2.04
26	1:27:06	31.5	30	0.3								1.1						
27	1:27:07	31.5	31	0.31		0.37												
28	1:27:08	31.5	30	0.3				0.64										
29	1:27:09	31.5	30	0.3		0.74				1.82						2.68		
30	1:27:10	31.5	30	0.3														
31	1:27:11	31.5	31	0.31		0.63		1.05				1.76		2.17				
32	1:27:12	31.5	30	0.3														
33	1:27:13	31.5	30	0.3		0.39				0.45								0.05
34	1:27:14	31.5	30	0.3				0.89										
35	1:27:15	31.5	31	0.31		0.83												
36	1:27:16	31.5	30	0.3								1.96				1.99		

รูปที่ 4.1 ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์LM35 ที่บันทึกลงในหน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา(SD CARD)



รูปที่ 4.2 กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์LM35 [T(adc1)] และกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันของ LM35

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ค่าความละเอียดในการวัดค่าอุณหภูมิของ DS1820 อยู่ที่ 0.5 อาศาเซลเซียส ส่วน LM35 อยู่ที่ 1 องศาเซลเซียส

2. การเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดจะแบ่งออกเป็น 9 ชุด โดยแต่ละชุดจะมีคาบเวลาของการวัดและบันทึกผลเท่ากับ 1ชั่วโมง

3. ค่าความถี่ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลมีได้ตั้งแต่ทุกๆ 1– 99 วินาที

4.2 การทดลองที่ 2

การทดสอบการแจ้งเตือนผ่านทางระบบ SMS การส่องสว่างของ LED เมื่อค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ LM35 เกินกว่าค่าอุณหภูมิที่ได้ตั้งค่าไว้

วัตถุประสงค์

เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานที่ต้องการตรวจเช็คค่าของอุณหภูมิในระหว่างดำเนินงานเพื่อแจ้งเตือนและป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากค่าอุณหภูมิที่สูงเกิดกว่าค่าที่ตั้งไว้

วิธีทำ

1. เปิดเครื่อง ทำการตั้งค่าเวลาให้ตรงกับเวลาในปัจจุบัน
2. เปิดการทำงานของพอร์ต A/D ที่ 1 จาก Keypad Switch
3. ทำการตั้งค่าความถี่ในการจัดเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในพอร์ตที่ 1 โดยมีความถี่ในการจัดเก็บข้อมุลทุกๆ 1 วินาที
4. ทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการให้มีการแจ้งเตือน ในการทดลองนี้ตั้งไว้ที่ 45 อาศาเซลเซียส
5. เริ่มต้นการทำงาน

ผลการทดลอง

จากการทดลองนำข้อมูลที่ได้จาก SD CARD มาเขียนลงใน Excel พร้อมทั้งวาดกราฟได้ผลดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

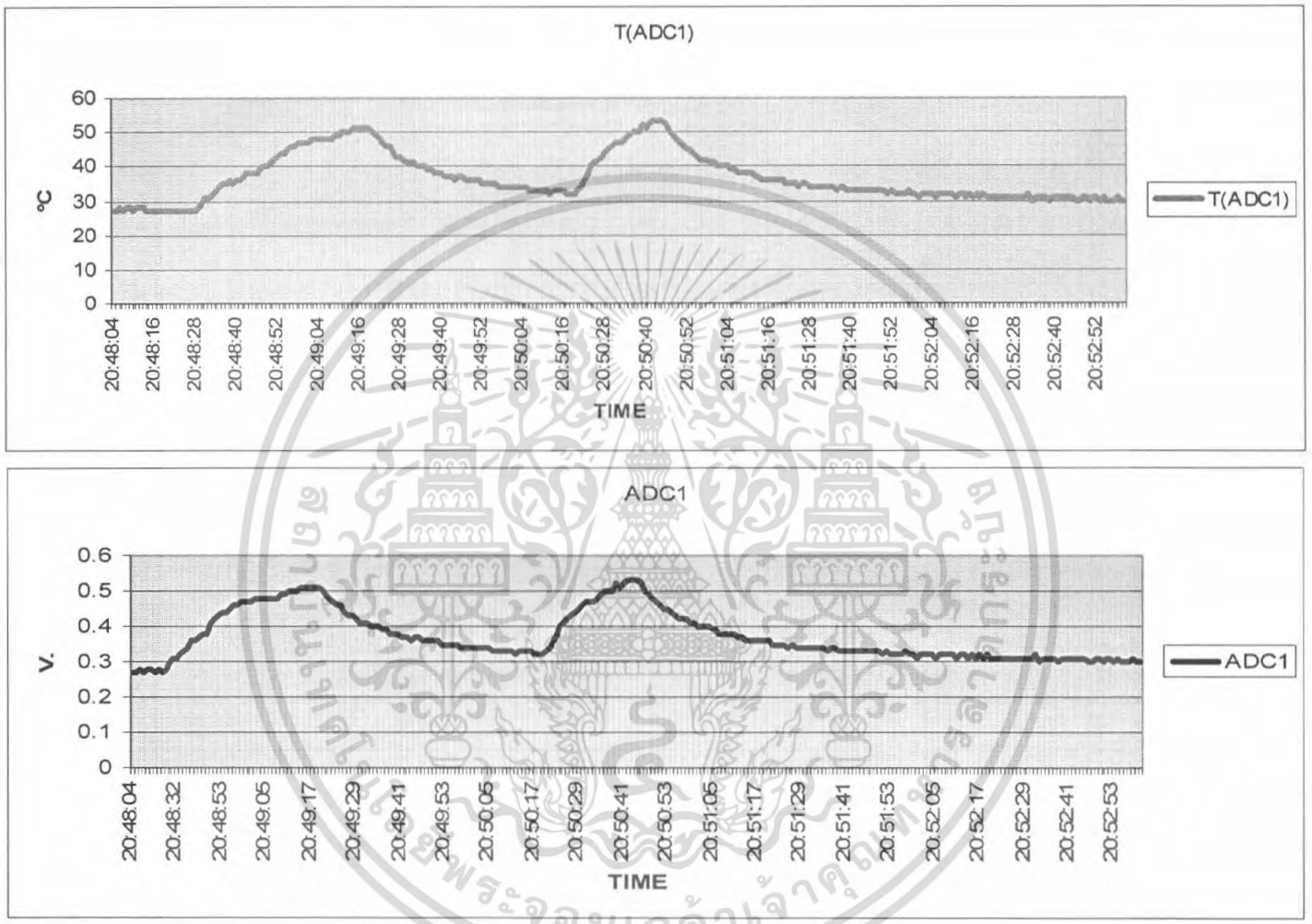
Microsoft Excel - 050208

File Edit View Insert Format Tools Chart Window Help

Chart Area

	A	B	C	D	E
1	TIME	T(ds1820)	T(ADC1)	ADC1	
2	20:48:04	29	27	0.27	
3	20:48:05	29	27	0.27	
4	20:48:06	29	28	0.28	
5	20:48:07	29	27	0.27	
6	20:48:08	29	28	0.28	
7	20:48:09	29	28	0.28	
8	20:48:10	29	27	0.27	
26	20:48:28	29.5	27	0.27	
27	20:48:29	29.5	28	0.28	
28	20:48:30	29.5	29	0.29	
29	20:48:31	29.5	31	0.31	
30	20:48:32	29.5	31	0.31	
31	20:48:33	29.5	32	0.32	
32	20:48:34	29.5	33	0.33	
38	20:48:40	29.5	36	0.36	
39	20:48:41	29.5	36	0.36	
40	20:48:42	29.5	37	0.37	
41	20:48:43	29.5	38	0.38	
42	20:48:44	29.5	38	0.38	
48	20:48:50	29.5	41	0.41	
49	20:48:51	29.5	42	0.42	
50	20:48:52	29.5	43	0.43	
51	20:48:53	29.5	44	0.44	
52	20:48:54	29.5	44	0.44	
53	20:48:55	29.5	45	0.45	HALERT
54	20:48:56	29.5	46	0.46	HALERT
55	20:48:57	29.5	46	0.46	HALERT
56	20:48:58	29.5	47	0.47	HALERT
57	20:48:59	29.5	47	0.47	HALERT
58	20:49:00	29.5	47	0.47	HALERT
59	20:49:01	29.5	47	0.47	HALERT
60	20:49:02	29.5	48	0.48	HALERT
61	20:49:03	29.5	48	0.48	HALERT
62	20:49:04	29.5	48	0.48	HALERT
63	20:49:05	29.5	48	0.48	HALERT
64	20:49:06	29.5	48	0.48	HALERT

รูปที่ 4.3 ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์ LM35 และการแจ้งเตือนเมื่ออุณหภูมิเกินกว่า 45 อาศาเซลเซียส ที่บันทึกลงในหน่วยความจำข้อมูลแบบพกพา(SD CARD)



รูปที่ 4.4 กราฟการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเซนเซอร์LM35 [T(adc1)] และกราฟการเปลี่ยนแปลงแรงดันของ LM35

รูปที่ 4.5 ลักษณะข้อความที่แจ้งเตือน

อธิบายข้อความที่แจ้งเตือน

Hi , 1 0.45 คือ อุณหภูมิที่สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งในขณะที่ส่งข้อความ พอร์ต 1 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 45°C

Lo คือ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งในขณะที่ส่งข้อความไม่มีพอร์ตใดต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้

Nor คือ สถานะปกติ (ไม่มีพอร์ตใดที่มีค่าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้)

t 31.5C คือ อุณหภูมิที่วัดได้จากเซนเซอร์ DS1820 โดย 31.5C คือค่าอุณหภูมิที่วัดได้ขณะที่ส่งข้อความ

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

มีการแจ้งเตือนเกิดขึ้นทั้งการส่องสว่างของหลอด LED และการส่งสัญญาณเตือนผ่านทางระบบ SMS เมื่ออุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเกินกว่า 45 อาศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องบันทึกข้อมูลในโครงงานชิ้นนี้ สามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเอาท์พุตที่ได้มาจากตัวตรวจจับสัญญาณ(sensors)ได้ทั้งภายในและภายนอกตัวเครื่อง ซึ่งภายในได้แก่สัญญาณการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งใช้ DS1820 เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ ส่วนภายนอกได้แก่พอร์ต A/D ทั้ง 8 พอร์ตซึ่งสามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสัญญาณค่าต่างๆได้ ตามแต่ชนิดของตัวตรวจจับสัญญาณซึ่งในโครงงานชิ้นนี้ใช้ LM35 ซึ่งเป็นsensor วัดค่าอุณหภูมิชนิดหนึ่ง เพื่อทดสอบการทำงานของพอร์ต A/D โดยจะมีการตั้งค่าการใช้พอร์ต A/D และมีการกำหนดค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลลงตัว SD CARD โดยสามารถกำหนดค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลได้ตั้งแต่ทุกๆ1 วินาที - 99วินาที อีกทั้งยังมีการตั้งค่าสูงสุดของอุณหภูมิโดยถ้าอุณหภูมิที่ sensor ตรวจจับวัดได้ มีค่าเท่ากับหรือเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในตัวDATA LOGGER จะประมวลผลและสั่งการให้ส่งสัญญาณเตือนผ่านทางระบบข้อความสั้น(SMS) มายังผู้ใช้และการส่องสว่างของตัวLEDที่เครื่อง DATA LOGGER ซึ่งการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงจะแสดงผ่านทางหน้าจอ LCD

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

1.ในขั้นตอนการส่งสัญญาณเตือน ผ่านทางระบบ SMS จะทำให้เกิดการหยุดเขียนข้อมุลที่วัดได้ลงตัวSD CARD ชั่วขณะแต่หลังจากนั้นจะมีการเขียนข้อมูลที่วัดได้ลง SD CARD ตามปกติ

2.ในตอนเริ่มแรกการติดต่อกับตัวSD CARD นั้นไม่สามารถติดต่อได้ เพราะมีการใช้สายเชื่อมต่อระยะไกลเกินไป ทำให้สัญญาณที่ส่งมาไม่สม่ำเสมอ จึงต้องต่อตัวR PULLUP เข้าไปในวงจรเพื่อคงค่าสัญญาณเอาไว้

3.ไอซีฐานเวลาจริง (DS 1307) เดินไม่ตรงกับเวลาในปัจจุบันเนื่องจากผลของ NOISE รบกวนจากอุปกรณ์รอบข้างจึงต้องจับตัวDS 1307 ต่อลงกราวด์ โดยการใช้ลวดเหล็กคร่อมตัวICไว้

4.ในขั้นตอนการทดสอบการใช้ AT COMMAND ผ่าน HYPERTERMINAL ทาง COMPUTER โดยตรง เพื่อติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ ทำให้สัญญาณของโทรศัพท์หายไป เนื่องจาก NOISE ที่มาจาก COMPUTER ซึ่งทำการแก้ไขโดยการจ่ายไฟให้กับ สายData linkโดยตรงด้วย SUPPLY แยกต่างหาก เพื่อตัดปัญหาที่เกิดจาก NOISE ของเครื่อง computer และเมื่อนำมาใช้จริงโดยผ่านตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วไม่พบปัญหานี้ขึ้นอีก

5. อุปกรณ์บางชนิดหาซื้อยาก เช่น สาย DATA LINK และ โทรศัพท์มือถือ SIEMENS C45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ไขพัฒนา

ในปัจจุบันเครื่องDATA LOGGER เป็นสิ่งที่มีส่วนสำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อตรวจสอบและดิดตามข้อมูลการทำงาน ซึ่งในโครงงานชิ้นนี้หากเราสามารถพัฒนาระบบและรูปแบบการทำงานของเครื่องDATA LOGGER นี้ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ทำงานได้เสถียรขึ้น ประกอบกับการใช้งานที่ง่ายก็จะทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานในหลายๆ รูปแบบ และในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมถ้านำไปใช้กับงานที่มีขั้นตอนซับซ้อนมากขึ้น หน่วยความจำโปรแกรมอาจจะมีเนื้อที่ไม่เพียงพอโดยในส่วนนี้เราอาจทำการเปลี่ยนในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวที่มีหน่วยความจำโปรแกรมมากกว่าตัวเก่า หรือ ทำการปรับเปลี่ยนโปรแกรมให้มีขนาดเล็กลงโดยอาจตัดบางส่วนที่ไม่สำคัญออกไป ในส่วนที่โครงงานนี้ยังขาดอยู่คือในส่วนของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ร่วมกับการแสดงผลที่ได้มาจากเครื่องจัดเก็บข้อมูลเพื่อให้สะดวกและรวดเร็วต่อการแสดงผลและรองรับการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ประจิน พลังสันติกุล. **PIC Works Examples and C Source Code.** กรุงเทพมหานคร : บริษัทแอพซอฟต์เทค จำกัด. 2549.

[2] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ. **หลักการระบบโทรศัพท์เครื่อนที่.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542

[3] วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. **เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์.** ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้