ป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย

Wireless Electronic Displaying

ฉัตรทัย กุลไพจิตร์
ปิติมาตุ เขียดเดช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย

Wireless Electronic Displaying

ฉัตรหทัย กุลไพจิตร์

ปิติมาตุ เขียดเดช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Electronic Displaying

CHATHATAI KULPIJIT
PITIMATU GIEDDECH

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย

Wireless Electronic Displaying

ผู้จัดทำ นางสาวฉัตรหทัย กุลไพจิตร์ 53010274

นางสาวปิติมาตุ เขียดเดช 53010988

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย

โดย

นางสาวฉัตรหทัย	กุลไพจิตร์	53010274
นางสาวปิติมาตุ	เขียดเดช	53010988

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้เป็นการจัดทำป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย โดยใช้โมดูลสื่อสารข้อมูลไร้สาย ซิกบี เพื่อให้สะดวกแก่การส่งข้อมูลและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินสายและการบำรุงรักษาสายไฟ อีกทั้งยังเป็นการศึกษาการใช้งานของ ซิกบีและสัญญาณมาตรฐานสำหรับในโครงงานนี้ได้นำป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ในโครงงานลานจอดรถอัจฉริยะ เพื่อแสดงข้อมูลทะเบียนให้กับเจ้าของรถที่ได้ทำการจองที่จอดรถไว้ โดยการใช้งานผ่านแอพพลิเคชั่นที่ได้ออกแบบไว้ให้ใช้งานง่ายซึ่งข้อมูลที่ได้จากแอพพลิเคชั่นนั้น จะถูกส่งไปไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลและเชื่อมต่อไปยังหน้าจอแอลซีดีเพื่อแสดงผลโดยผ่านการสื่อสารแบบบัสข้อมูล I^2C จากการทดลองและการออกแบบโมเดลลานจอดรถ จะพบว่าโครงงานนี้สามารถส่งข้อมูลไประบุตำแหน่งของรถในแต่ละที่ที่จองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Electronic Displaying

By

Ms.Chathatai Kulpijit 53010274

Ms. Pitimatu Gieddech 53010988

Advisor

Assoc.Prof. Dr.Worapong Tangsrirat

Academic Year 2013

ABSTRACT

The aim of this project is to design and implement the wireless electronic displaying board using wireless communications through ZigBee module. The project is presented in order to provide the convenience in information sending and lower price for electrical wiring and also the maintenance cost. The usage of ZigBee and the standard signal will also be studied. For this project, electronic displaying will be applied to the intelligent parking lot project, which can show the registration data to the car owner who makes a reservation through the consumer-friendly designed application. The registration information from that application will send to the microcontroller for data processing and displaying on the LCD monitor by I^2C bus communication. The experimental from the parking lot model show that the car location data in each parking area can be achieved as desired.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาตั้งแต่เริ่มเข้ารับการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ ทุกท่านและเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของผู้จัดทำ ผู้มีพระคุณสูงสุด ผู้ให้โอกาสในการศึกษา ตลอดจนให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และหากเกิดข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำ
ฉัตรหทัย กุลไพจิตร์
ปิติมาตุ เขียดเดช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน	2
1.5 รายละเอียดของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสาร	3
2.1.1 การสื่อสารข้อมูล	3
2.1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารข้อมูล	4
2.1.3 การส่งและการรับข้อมูล	5
2.1.3.1 รูปแบบของการส่งสัญญาณข้อมูล	5
2.2 ระบบการสื่อสารแบบไร้สาย	7
2.3 การส่งสัญญาณข้อมูลดิจิตัล	7
2.3.1 สัญญาณดิจิตัล	7
2.3.2 รูปแบบการส่งข้อมูลดิจิตัล	8
2.3.2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน	8
2.3.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	9
2.4 มาตรฐานการสื่อสารอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์	11
2.4.1 1 Wire Bus	11
2.4.2 บัสข้อมูล I^2C	11
2.4.2.1 การรับ-การส่งข้อมูลแบบบัสข้อมูล I^2C	12
2.4.2.2 รหัสควบคุมของบัส	13
2.4.2.3 ช่วงเวลารับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ระดับสัญญาณ TTL	14
2.6 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส RS-232	15
2.6.1 ความสำคัญของอินเตอร์เฟส	15
2.6.2 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส RS-232	15
2.7 ซิกบี	16
2.7.1 การส่งข้อมูลของซิกบี	17
2.7.2 การติดต่อสื่อสารของซิกบีผ่านทางพอร์ตอนุกรม	17
2.7.3 มาตรฐาน IEEE 802.15.4	18
2.7.4 เครือข่ายโปรโตคอล ซิกบี	18
2.7.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรโตคอลของซิกบี	19
2.7.5.1 ขั้นตอนการทำงานของซิกบี Coordinator	19
2.7.5.2 ขั้นตอนการทำงานของซิกบี End-device	19
2.7.6 ซิกบีกับมาตรฐานสื่อสารแบบไร้สายอื่น ๆ	20
2.8 วิชวลเบสิก	20
2.8.1 แนวคิดของวิชวลเบสิก	21
2.8.2 ลักษณะการเขียนโปรแกรมของวิชวลเบสิก	21
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์	22
2.9.1 โครงสร้างทั่วไป	22
2.9.2 คุณสมบัติพิเศษ	23
2.9.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	24
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	27
3.1 โครงสร้างของระบบ	27
3.1.1 ส่วนของภาคส่ง	28
3.1.2 ส่วนของภาครับ	29
3.2 อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโครงงาน	30
3.2.1 ซิกบี	30
3.2.1.1 การสื่อสารระหว่างซิกบีกับคอมพิวเตอร์	30
3.2.1.2 การสื่อสารระหว่างซิกบีกับไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.3 จอแสดงผลแอลซีดีแบบตัวอักษร	32
3.2.3.1 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล	32
3.3 ขั้นตอนการออกแบบ	33
3.3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่น	33
3.3.2 การออกแบบลานจอดรถ	37
3.2.3 การออกแบบวงจรในส่วนของภาครับ	38
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	39
4.1 การสื่อสารระหว่างซิกบี	39
4.2 การทำงานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอพพลิเคชั่น	40
4.3 การทำงานของแอพพลิเคชั่นและโมเดลลานจอดรถ	41
4.3.1 ขณะไม่มีรถจอด	41
4.3.2 มีรถเข้ามาจอด	42
4.3.3 มีการกดจองและยกเลิกการจอง	45
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	46
5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง	46
5.2 สรุปผลการทดลอง	46
5.3 สรุปผลการดำเนินงาน	47
5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้น	47
5.5 แนวทางการแก้ไขปัญหา	47
5.6 แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาโครงงาน	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาพผนวก	49
ภาคผนวก ก โปรแกรมประมวลผลและโปรแกรมควบคุม	50
ก.1 โปรแกรมควบคุมแอลซีดี และเซนเซอร์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์	50
ก.2 โปรแกรมที่ใช้ในส่วนของแอพพลิเคชั่นสำหรับการจอง	58
ภาคผนวก ข เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	71
ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งานซิกบี	71
ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งานแอลซีดี	79
ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน PCF857A	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การส่งสัญญาณสื่อกลางที่กำหนดเส้นทางได้	5
2.2 การส่งข้อมูลแบบทิศทางเดียว	5
2.3 การส่งข้อมูลแบบกึ่งทาง	6
2.4 การส่งข้อมูลแบบทางคู่	6
2.5 การส่งข้อมูลดิจิตัล	8
2.6 การส่งข้อมูลแบบขนาน	8
2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	9
2.8 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	9
2.9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	10
2.10 1-Wire Bus	11
2.11 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบบัสข้อมูล I^2C	12
2.12 Start Condition และ Stop Condition	12
2.13 รหัสควบคุมของบัส	13
2.14 ช่วงเวลารับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS	13
2.15 เครือข่ายโปรโตคอลของซิกบี	18
2.16 AVR เบอร์ ATmega328	24
3.1 โครงสร้างโดยรวมของระบบ	27
3.2 การทำงานของภาคส่ง	28
3.3 การทำงานของภาครับ	30
3.4 การเชื่อมต่อยูเอสบีกับคอมพิวเตอร์	31
3.5 โครงสร้างของซิกบี ยูเอสบี	31
3.6 ADX-Xbee 5V	32
3.7 Arduino Uno R3	32
3.8 หน้าจอแสดงผลแอลซีดีแบบตัวอักษร	33
3.9 การกำหนดแอดเดรสผ่าน PCF8574A	33
3.10 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี	34
3.11 การทำงานของแอพพลิเคชั่น	35
3.12 หน้าจอแอพพลิเคชั่น	36
3.13 หน้าจอแสดงเมื่อมีรถเข้ามาจอด	36
3.14 การกดจองและการใส่ทะเบียน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.15 หน้าต่างแสดงรหัสการเปิดปิดที่จอดรถ	37
3.16 โมเดลลานจอดรถ	38
3.17 ตำแหน่งการรับข้อมูลของซิกบีภาครับ	38
3.18 วงจรภาครับ	39
3.19 การต่อวงจรกับอุปกรณ์	39
4.1 การสื่อสารระหว่างซิกบี	40
4.2 การกดจองช่องที่ 1 ผ่านแอพพลิเคชั่น	41
4.3 การส่งข้อมูลการจองผ่านหน้าจอแสดงผล	41
4.4 หน้าแอพพลิเคชั่นในขณะไม่มีรถ	42
4.5 โมเดลลานจอดรถขณะไม่มีรถเข้า	42
4.6 การกดจองลานจอดรถ	43
4.7 ช่องใส่ทะเบียน	43
4.8 เลขทะเบียนปรากฏบนหน้าแอพพลิเคชั่นที่จองไว้	44
4.9 รหัสการเข้าออกลานจอดรถ	44
4.10 แสดงทะเบียนรถเมื่อกดยืนยัน	45
4.11 หน้าแอพพลิเคชั่นแสดงเมื่อมีรถเข้ามาจอด	45
4.12 แอพพลิเคชั่นแสดงการกดยกเลิก	46
4.13 หน้าแอพพลิเคชั่นหลังจากกดปุ่มยกเลิก	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบมาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สาย	20
4.1 ผลการสื่อสารของซิกบีในระยะต่าง ๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในปัจจุบันส่งผลให้มีอุปกรณ์ที่สร้างความสะดวกสบาย และลดค่าใช้จ่ายบางส่วนในการดำเนินงานได้ สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายที่เรียกว่า ซิกบี (ZigBee) มาใช้งานในการสื่อสารระหว่างตัวคอมพิวเตอร์และป้ายแสดงข้อมูลที่อยู่ในระยะไกล เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟ รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอีกด้วย อีกทั้งการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) ในปัจจุบันมีความแพร่หลายมากขึ้นทำให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว ถูกต้อง และมีราคาถูกโดยชิ้นงานของโครงงานนี้สามารถนำไปใช้ได้กับหลาย ๆ งาน เช่น ป้ายแสดงความเร็วบนทางด่วน ป้ายแสดงราคาสินค้า เป็นต้น สำหรับครั้งนี้ได้นำมาใช้กับโครงงานลานจอดรถอัจฉริยะ (Intelligent Car Parking) เพื่อช่วยระบุป้ายทะเบียนของรถที่เข้ามาจอดยังลานจอดรถได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟและบำรุงรักษาอุปกรณ์
2. เพื่อสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลบนจอแสดงผลได้อย่างรวดเร็วบนโปรแกรมที่ออกแบบเพื่อให้ใช้งานง่าย
3. เพื่อสามารถระบุตำแหน่งของข้อมูลในการส่งข้อมูลผ่านสัญญาณไร้สาย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถใช้ซิกบีในการส่งค่าไปยังแอลซีดี (LCD) หลาย ๆ ตัวได้
2. สามารถออกแบบหน้าจอโปรแกรมให้มีลักษณะการใช้งานที่ง่าย เหมาะกับการใช้งาน
3. สามารถป้อนข้อมูลจากวิชวลเบสิก 6 (Visual Basic 6) ผ่านไปยังซิกบีได้
4. สามารถนำอุปกรณ์ที่ทำขึ้นมา ไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้การส่งข้อมูลผ่านซิกบี เพื่อแสดงข้อมูลที่ต้องการผ่านหน้าจอแอลซีดี โดยโครงงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ภาคส่ง และภาครับ

1. ส่วนภาคส่ง ได้ทำการออกแบบโปรแกรม วิชวลเบสิกให้ส่งข้อมูลไปยังภาครับ
2. ส่วนภาครับจะรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากภาคส่ง และนำไปประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และส่งค่าไปยังแอลซีดี โดยแอลซีดีจะทำการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านการต่อแบบบัสข้อมูล I^2C (I^2C Bus)

1.5 รายละเอียดของโครงงาน

เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมาของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของโครงงานแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง นำเสนอถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจัดทำโครงงาน

บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้างของระบบ อธิบายภาพรวมของระบบ อธิบายขั้นตอนการทำงานของแอพพลิเคชั่น

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง การรับส่งข้อมูลผ่านซิกบีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป เป็นการสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูล

2.1.1 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) คือ การโอนถ่าย หรือแลกเปลี่ยนข้อมูล (Transmission) กันระหว่างต้นทางและปลายทางโดยผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ ระบบการสื่อสารข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการถ่ายโดยหรือเคลื่อนย้ายข้อมูลรวมทั้งยังต้องอาศัยสื่อกลางในการนำข้อมูลจากต้นทางไปให้ยังปลายทาง โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์และโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการไหลของข้อมูล และบุคลากรผู้ดำเนินงานจะช่วยในการปฏิบัติการ และจัดการในส่วนต่าง ๆ ทั้งหมด เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลสำเร็จไปได้ด้วยดี

การสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้น โดยอุปกรณ์การสื่อสารจะเป็นส่วนหนึ่งของการสื่อสาร ซึ่งประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ระบบการสื่อสารข้อมูลที่ได้ผลดีที่สุดจะขึ้นอยู่กับ 3 คุณลักษณะพื้นฐานดังนี้

การจัดเก็บข้อมูลได้ง่ายและสื่อสารได้รวดเร็ว การจัดเก็บข้อมูล ซึ่งอยู่ในรูปของสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ สามารถจัดเก็บไว้ในแผ่นบันทึกที่มีความหนาแน่นสูง แผ่นบันทึกแผ่นหนึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้มากกว่า 1 ล้านตัวอักษร สำหรับการสื่อสารข้อมูลนั้น ถ้าข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ได้ด้วยอัตรา 120 ตัวอักษรต่อวินาทีแล้ว จะส่งข้อมูล 200 หน้า ได้ในเวลา 40 นาที โดยที่ไม่ต้องเสียเวลานั่งป้อนข้อมูลเหล่านั้นซ้ำใหม่อีก

ความถูกต้องของข้อมูล โดยปกติเมื่อมีการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ จากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่นด้วยระบบดิจิตัล วิธีการรับส่งนั้นจะมีการตรวจสอบสภาพของข้อมูลหากข้อมูลผิดพลาดก็จะมีการรับรู้ และพยายามหาวิธีการแก้ไขให้ข้อมูลที่ได้รับให้มีความถูกต้องโดยอาจให้ทำการส่งใหม่หรือกรณีที่ผิดพลาดไม่มากนัก ฝ่ายผู้รับอาจใช้โปรแกรมของตนแก้ไขข้อมูล

ความเร็วของการทำงาน โดยปกติสัญญาณทางไฟฟ้าจะเดินทางด้วยความเร็วเท่าแสง ทำให้การใช้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูล จากซีกโลกหนึ่งไปยังอีกซีกโลกหนึ่ง สามารถทำงานได้รวดเร็ว ความรวดเร็วของระบบจะทำให้ผู้ใช้สะดวกสบายอย่างยิ่ง เช่น บริษัทสายการบินทุกแห่งสามารถทราบข้อมูลของทุกเที่ยวบินได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การจองที่นั่งของสายการบินสามารถทำได้ทันที

ต้นทุนประหยัด การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้าหากันเป็นเครือข่าย เพื่อให้ส่งหรือสำเนาข้อมูล ทำให้ราคาต้นทุนของการใช้ข้อมูลประหยัดขึ้น เมื่อเทียบกับการจัดส่งแบบวิธีอื่น เราสามารถส่งข้อมูลให้กันละกันผ่านทางสายโทรศัพท์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะทำได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ผู้ส่งหรืออุปกรณ์ส่งข้อมูล (Sender) ข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ต้นทางจะต้องจัดเตรียมนำเข้าสู่อุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูล ซึ่งได้แก่เครื่องพิมพ์ หรืออุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ จานไมโครเวฟ จานดาวเทียม ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งข้อมูลนั้นได้ก่อน

ผู้รับหรืออุปกรณ์รับข้อมูล (Receiver) ข้อมูลที่ถูกส่งจากอุปกรณ์ส่งข้อมูลต้นทาง เมื่อไปถึงปลายทางก็จะมีอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูลเหล่านั้น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป อุปกรณ์เหล่านี้ ได้แก่ เครื่องพิมพ์คอมพิวเตอร์ จานไมโครเวฟ จานดาวเทียม เป็นต้น

โปรโตคอล (Protocal) โปรโตคอล คือกฎระเบียบ หรือวิธีการใช้เป็นข้อกำหนดสำหรับการสื่อสาร เพื่อให้ผู้รับและผู้ส่งเข้าใจกันได้ ซึ่งมีหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น TCP/IP,X.25,SDLC เป็นต้น

ซอฟต์แวร์ (Software) การรับส่งข้อมูลผ่านทางคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีโปรแกรมสำหรับดำเนินการ และการควบคุมการส่งข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลตามที่กำหนดไว้ ได้แก่ Novell's Netware, UNIX WindowsNTเป็นต้น

ข่าวสาร (Message) เป็นรายละเอียดซึ่งอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ที่จะส่งผ่านระบบการสื่อสารซึ่งมีหลายรูปแบบดังนี้

ข้อมูล (Data) เป็นรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ถูกสร้างและจัดเก็บด้วยคอมพิวเตอร์ มีรูปแบบแน่นอน เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับบุคคล ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เป็นต้น ข้อมูลสามารถนับจำนวนได้และส่งผ่านระบบสื่อสารได้เร็ว

ข้อความ (Text) อยู่ในรูปของเอกสารหรือตัวอักขระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนชัดเจน นับจำนวนได้ค่อนข้างยาก และมีความสามารถในการส่งปานกลาง

รูปภาพ (Image) เป็นข่าวสารที่อยู่ในรูปของกราฟฟิกแบบต่าง ๆ ได้แก่ รูปภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวีดีโอ ซึ่งข้อมูลชนิดนี้จะต้องอาศัยสื่อสำหรับเก็บ และใช้หน่วยความจำเป็นจำนวนมาก

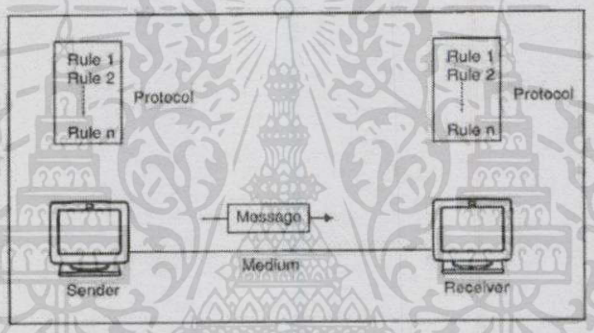
เสียง (Voice) อยู่ในรูปของเสียงพูด เสียงดนตรี หรือเสียงอื่น ๆ ข้อมูลชนิดนี้จะกระจัดกระจาย ไม่สามารถวัดขนาดที่แน่นอนได้ การส่งจะทำได้ด้วยความเร็วค่อนข้างต่ำ

ตัวกลาง (Medium) เป็นตัวกลางหรือสื่อกลาง ที่ทำหน้าที่นำข่าวสารในรูปแบบต่าง ๆ จากผู้ส่งหรืออุปกรณ์ส่งต้นทางไปยังผู้รับ หรืออุปกรณ์รับปลายทาง ซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่ สายไฟ ขดลวด สายเคเบิล สายไฟเบอร์ออปติก ตัวกลางอาจจะอยู่ในรูปของคลื่นที่ส่งผ่านทางอากาศ เช่น คลื่นไมโครเวฟ คลื่นดาวเทียม หรือคลื่นวิทยุ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การส่งและรับข้อมูล

การส่งสัญญาณข้อมูล (Data Transmission) หมายถึง การส่งหรือนำข้อมูลข่าวสารจากเครื่องผู้ส่งผ่านทางสื่อหรือตัวกลางไปยังเครื่องรับหรือผู้รับ ข้อมูลหรือข่าวสารที่ถูกส่งออกไปอาจจะอยู่ในรูปสัญญาณเสียง สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงก็ได้ โดยที่สื่อหรือตัวกลางของสัญญาณสามารถแบ่งออกเป็น 2 จำพวก คือ จำพวกที่สามารถกำหนดเส้นทางสัญญาณได้ (Guided Media) ได้แก่ สายเกลียวคู่ สายโทรศัพท์ สายโคแอกเชียล สายไฟเบอร์ออปติก อีกจำพวกหนึ่ง คือไม่สามารถกำหนดเส้นทางสัญญาณได้ (Unguided Media) ได้แก่ ชั้นบรรยากาศ สุญญากาศ และน้ำ เป็นต้น การรับและส่งข้อมูลเพื่อโอนถ่ายหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับจะสำเร็จขึ้นได้ต้องประกอบด้วยปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ คุณภาพของสัญญาณข้อมูลที่ส่ง-รับ และคุณลักษณะของสายสื่อสารสำหรับส่งผ่านข้อมูล อย่างไรก็ตามเทคนิคการส่ง-รับส่งข้อมูล ทั้งที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกและดิจิตัล โดยมีพื้นฐานการส่งรับโครงสร้างหลัก ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

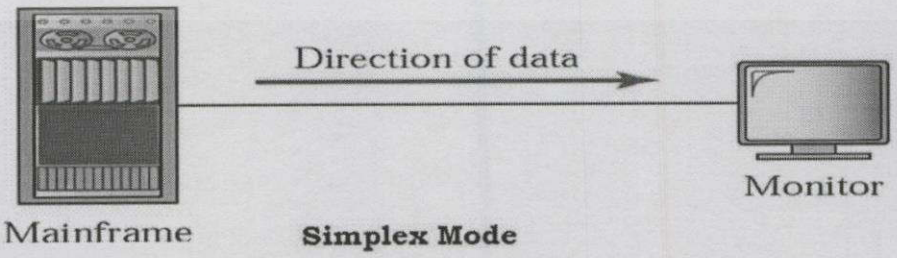


รูปที่ 2.1 การส่งสัญญาณสื่อกลางที่กำหนดเส้นทางได้

2.1.3.1 รูปแบบของการส่งสัญญาณข้อมูล

รูปแบบของการส่งสัญญาณข้อมูลสามารถจัดรูปแบบได้เป็น 4 รูปแบบดังนี้

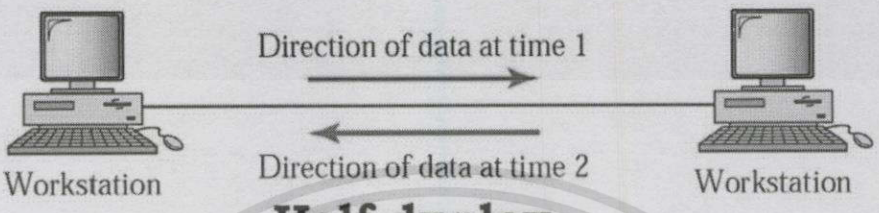
1. แบบทิศทางเดียวหรือซิมเพล็กซ์ (One-way หรือ Simplex) ในการส่งสัญญาณข้อมูลแบบซิมเพล็กซ์ ข้อมูลจะถูกส่งไปในทางเดียวเท่านั้นและตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น การกระจายเสียงของสถานีวิทยุ หรือการแพร่ภาพทางโทรทัศน์



รูปที่ 2.2 แสดงการส่งข้อมูลแบบทิศทางเดียว

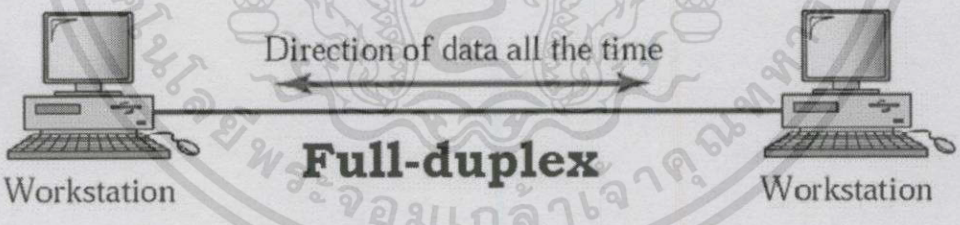
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบกึ่งทางหรือครึ่งดูเพล็กซ์ (Either-way of two ways หรือ Half Duplex) การสื่อสารแบบครึ่งดูเพล็กซ์ เราสามารถส่งข้อมูลสวนทางกันได้แต่ต้องสลับกันส่ง จะทำในเวลาเดียวกันไม่ได้ ตัวอย่างเช่น วิทยุสื่อสารของตำรวจแบบวอล์กกี้-ทอล์กกี้ ซึ่งต้องอาศัยการสลับสวิตช์เพื่อแสดงการเป็นสัญญาณ และให้ทางอีกทางหนึ่งเป็นผู้รับสัญญาณ คือ ต้องผลัดกันพูด



รูปที่ 2.3 การส่งข้อมูลแบบกึ่งทาง

3. แบบทางคู่หรือดูเพล็กซ์เต็ม (Both-way หรือ Full Duplex) ในแบบนี้สามารถส่งข้อมูลได้พร้อม ๆ กันทั้งสองทาง ตัวอย่างเช่น ในการพูดโทรศัพท์ เราสามารถพูดพร้อมกันกับคู่สนทนาได้ การทำงานจะเป็นดูเพล็กซ์เต็ม แต่ในการใช้งานจริง ๆ แล้วจะเป็นแบบครึ่งดูเพล็กซ์คือผลัดกันพูด ดังนั้นโทรศัพท์จึงเป็นอุปกรณ์แบบดูเพล็กซ์เต็ม ที่มีการใช้งานแบบครึ่งดูเพล็กซ์ ประโยชน์ในการใช้งานของการส่งสัญญาณแบบดูเพล็กซ์เต็ม ย่อมให้ประโยชน์ใช้สอยดีกว่ารวมทั้งลดเวลาในการส่งสัญญาณ เพื่อสลับการเป็นผู้ส่งในแบบครึ่งดูเพล็กซ์ อย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบการส่งสัญญาณแบบดูเพล็กซ์เต็มย่อมแพงกว่า และยุ่งยากกว่า



รูปที่ 2.4 การส่งข้อมูลแบบทางคู่

4. แบบสะท้อนสัญญาณหรือเอ็กโคเพล็กซ์ (Echo Plex) ในระหว่างการคีย์ข้อความหรือคำสั่งที่คีย์บอร์ดเพื่อให้โฮสต์คอมพิวเตอร์รับข้อความหรือทำตามคำสั่งข้อความหรือคำสั่งก็จะปรากฏขึ้นที่จอภาพของเทอร์มินอลด้วยเช่นกัน เนื่องจากขณะที่สัญญาณตัวอักขระที่ถูกส่งจากคีย์บอร์ดไปยังโฮสต์ซึ่งเป็นแบบดูเพล็กซ์เต็ม จะสะท้อนสัญญาณให้กลับมาปรากฏที่จอภาพของเทอร์มินอลเองด้วย ทำให้ผู้ใช้สามารถรู้สึกไปพร้อม ๆ กันกับที่โฮสต์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบการสื่อสารแบบไร้สาย

การสื่อสารแบบไร้สายจะไม่ใช้สื่อกลางในการส่งสัญญาณ แต่จะใช้การแพร่กระจายพลังงานสนามแม่เหล็กไปยังตัวกลาง (ซึ่งปกติจะได้แก่อากาศ) ข้อมูลหลาย ๆ ชนิดสามารถส่งแบบไร้สายได้ เช่น การส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ เสียงโทรศัพท์ การส่งสัญญาณโทรทัศน์และวิทยุ ในขั้นตอนแรกข้อมูลที่ถูกส่งจะถูกสร้างจากอุปกรณ์ที่สร้างข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ มือถือ เป็นต้น โดยข้อมูลที่จะถูกส่งจะต้องผสมไปกับคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ซึ่งเรียกว่า สัญญาณ (Signal) โดยกระบวนการโมดูเลชั่น (Modulation) สัญญาณที่จะเป็นตัวส่งข้อมูลเรียกว่า คลื่นตัวนำ (Carrier Wave) ข้อมูลจะถูกผสมไปกับคลื่นตัวนำ โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่าโมดูเลเตอร์ (Modulator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีวิธีการหลายวิธีในการโมดูเลตข้อมูลไปกับคลื่นตัวนำ โมดูเลเตอร์อาจจะรวมอยู่กับอุปกรณ์ที่สร้างข้อมูลอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือรูปแบบการแพร่กระจายของสัญญาณสำหรับการสื่อสารแบบไร้สายอยู่ 2 แบบคือ

1. แบบเฉพาะทิศทาง (Directional) สายอากาศจะส่งคลื่นแม่เหล็กออกไปโดยสายอากาศเครื่องส่งและเครื่องรับจะต้องติดตั้งในแนวเดียวกัน

2. แบบทุกทิศทาง (Omnidirectional) สัญญาณจะถูกส่งออกไปทุกทิศทางดังนั้นสายอากาศต่าง ๆ จึงสามารถรับสัญญาณได้

สัญญาณจะถูกส่งโดยอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่จะนำสัญญาณและส่งออกไป โดยผ่านทางอากาศ อุปกรณ์ส่งสัญญาณนั้นมีหลายแบบโดยขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลที่จะส่ง ระยะทาง และความแรงของสัญญาณ ขนาดของสัญญาณนั้นอาจเล็กมากเหมือนที่อยู่ในโทรศัพท์มือถือหรืออาจจะใหญ่มากเหมือนเสาอากาศส่งสัญญาณของโทรทัศน์ อุปกรณ์รับสัญญาณสามารถรับสัญญาณได้โดยตรงหรืออาจผ่านทางระบบเครือข่ายโดยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ส่ง ในกรณีของโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์มือถือเมื่อจะติดต่อกับอินเตอร์เน็ต มันจะส่งสัญญาณไปที่เครือข่าย และส่งต่อไปยังผู้รับโดยใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Transmitters)

2.3 การส่งสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตัล

การส่งสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตัล (Digital Transmission) ซึ่งจะสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 สัญญาณดิจิตัล

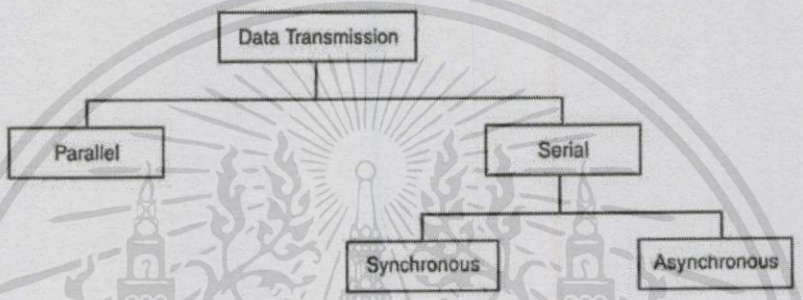
สัญญาณดิจิตัล (Digital Signal) เป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง รูปแบบของสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต่อเนื่องอย่างสัญญาณแอนะล็อก ในการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตัลจะถูกแทนด้วยเลขฐานสอง คือ 0 และ 1 ในการส่งข้อมูลด้วยดิจิตัล หากส่งสัญญาณดิจิตัลในระยะทางไกลจะทำให้สัญญาณมีการเปลี่ยนแปลง จึงต้องใช้อุปกรณ์ทวนสัญญาณที่เรียกว่า รีพีตเตอร์ (Repeater)

บิตเรต (Bit rate) คืออัตราในการส่งสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตัล ดังแสดงในภาพวิธีการวัดความเร็ว จะนับจำนวนบิตข้อมูลที่ส่งได้ในระยะเวลาใน 1 วินาที 15,000 bps หมายถึงความเร็วการส่งข้อมูลจำนวน 15,000 บิต ใน 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 รูปแบบการส่งข้อมูลดิจิตัล

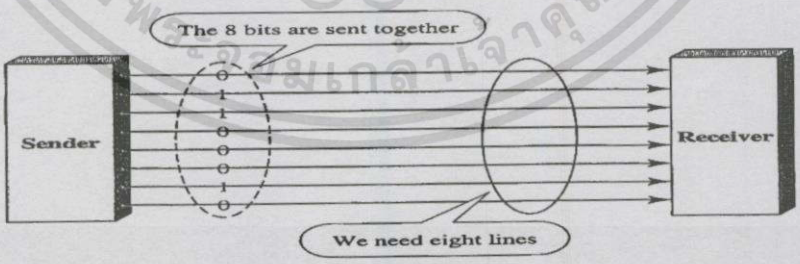
ในการส่งข้อมูลกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้สายส่งสามารถทำงานได้ 2 วิธี คือ การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel transmission) และการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial transmission) โดยที่การส่งข้อมูลแบบขนานนั้น จะส่งข้อมูลไปคราวละหลาย ๆ บิตพร้อม ๆ กัน ส่วนการส่งข้อมูลแบบอนุกรม จะส่งออกไปครั้งละบิตต่อเนื่องกัน นอกจากนั้นแล้วการส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังสามารถแบ่งออกได้เป็น แบบซิงโครนัส (Synchronous) และอะซิงโครนัส (Asynchronous) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การส่งข้อมูลดิจิตัล

2.3.2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน

เป็นการส่งข้อมูลออกไปพร้อม ๆ กันได้คราวละหลายชนิด หรือพูดอีกอย่างได้ว่า ณ เวลาใด ๆ สามารถที่จะส่งบิตข้อมูลจำนวน n บิตออกไปได้พร้อมกัน แต่วิธีนี้การแบบนี้ถ้าเราต้องการที่จะส่งข้อมูลจำนวน n บิตแล้วจะต้องใช้สายจำนวน n สายดังรูปที่ 2.14 แสดงถึงการส่งบิตข้อมูลบิต 8 บิต ไปพร้อมกัน ซึ่งจะต้องอาศัยสายส่งข้อมูลจำนวน 8 เส้นด้วย



รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลแบบขนาน

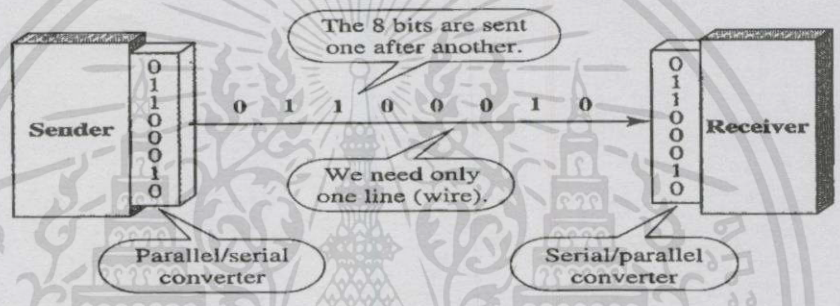
ข้อดีของวิธีการส่งแบบนี้คือ สามารถส่งข้อมูลได้เร็ว เนื่องจากจำนวนของข้อมูลที่ส่งออกไปได้ในแต่ละครั้งนั้นมีมาก ส่วนข้อเสีย ค่าใช้จ่ายสูง เพราะจะต้องใช้จำนวนของสายมาก นอกจากนั้นแล้วการส่งข้อมูลแบบขนานนี้เหมาะกับการส่งข้อมูลในระยะทางสั้น ๆ เท่านั้น เนื่องจากถ้าส่งไปในระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางไกลแล้ว ข้อมูลภายในสายอาจจะไปไม่ถึงปลายทางพร้อมกัน ทำให้เกิดความผิดพลาดของการส่งข้อมูลได้

2.3.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เป็นการส่งข้อมูลที่ใช้สายส่งเพียงเส้นเดียว ดังนั้นบิตของข้อมูลที่ถูกส่งออกจะเรียงตามลำดับกันไป โดยปกติแล้วการส่งข้อมูลกันภายในเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบขนาน แต่การส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกนั้น อาจจะเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมก็ได้ ดังนั้นถ้าการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรมแล้ว จะต้องทำการแปลงข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม (parallel-to-serial) เสียก่อน ส่วนคอมพิวเตอร์ฝั่งรับก็จะต้องแปลงข้อมูลแบบอนุกรมจากสายส่งไปเป็นแบบขนานด้วย (serial-to-parallel) ดังรูปที่ 2.7

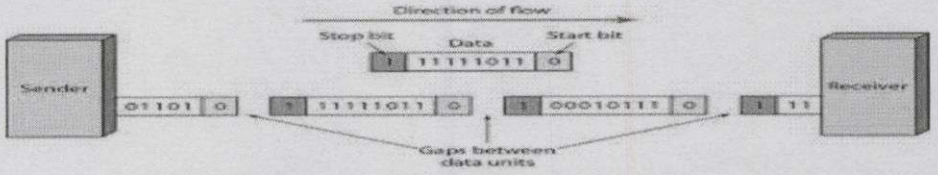


รูปที่ 2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

1. แบบอะซิงโครนัส

เป็นการส่งข้อมูลครั้งละไบต์ (1 Byte = 1 Bit) การส่งแบบอะซิงโครนัสนี้ไม่ต้องอาศัยสัญญาณนาฬิกา (clock) ในการควบคุมจังหวะของการส่งข้อมูล ดังนั้นฝ่ายรับข้อมูลจึงไม่ทราบเวลาที่แน่นอนของข้อมูลที่เข้ามาได้ ดังนั้นในแต่ละไบต์ที่ถูกส่งออกไปจึงต้องมีบิตเริ่มต้น (start bit) ซึ่งจะกำหนดค่าเป็น “0” และบิตสิ้นสุด (stop bit) ซึ่งจะกำหนดค่าให้เป็น “1”

การที่ต้องมีการเพิ่มบิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุดเข้าไปด้วยกัน เพื่อที่จะให้ฝ่ายรับข้อมูลทราบได้ว่าข้อมูลในแต่ละไบต์เริ่มต้นที่ใด และสิ้นสุดตรงไหน การส่งข้อมูลออกไปทีละครั้งนั้นจะส่งออกไปเป็นไบต์ และไม่จำเป็นว่าทุก ๆ ไบต์จะต้องส่งออกไปอย่างต่อเนื่องกัน อาจจะมีช่องว่าง (gap) เกิดขึ้นระหว่างไบต์ของข้อมูลได้



รูปที่ 2.8 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

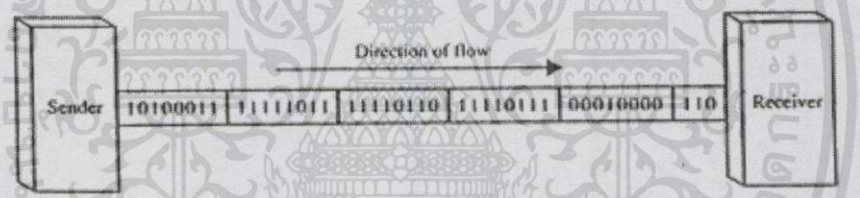
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงไบต์ของข้อมูลที่ต้องมีบิตเริ่มต้น และบิตสิ้นสุด โดยแต่ละไบต์นั้นมีช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างไบต์ของข้อมูลด้วย เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสไม่ต้องอาศัยสัญญาณใด ๆ คอยควบคุมการส่งข้อมูล ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะกับอุปกรณ์ที่มีความเร็วต่ำ เช่น คีย์บอร์ด (Keyboard)

2. แบบซิงโครนัส

วิธีการส่งข้อมูลแบบนี้ไม่ต้องอาศัยบิตเริ่มต้นละบิตสิ้นสุด อีกทั้งยังสามารถส่งข้อมูลได้หลาย ๆ ไบต์ต่อเนื่องกันเป็น “เฟรม” ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีช่องว่าง (gap) ระหว่างไบต์ของข้อมูล ฝ่ายรับข้อมูล (receiver) จะต้องทำหน้าที่ในการแยกเฟรมข้อมูลที่ได้มาออกเป็นไบต์เอง

เนื่องจากไม่มีบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด ดังนั้นฝ่ายรับข้อมูลจึงต้องมีการนับจำนวนบิตของข้อมูลที่เข้ามาได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การส่งแบบซิงโครนัสจะมีความเร็วของการรับส่งข้อมูลได้เร็วกว่าแบบอะซิงโครนัส เนื่องจากไม่ต้องมีบิตพิเศษเพิ่มเข้ามา อีกทั้งยังไม่ต้องมีช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างไบต์ของข้อมูลอีกด้วย ดังนั้นการส่งข้อมูลแบบนี้จึงเหมาะกับอุปกรณ์ที่ต้องการความเร็วสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างกัน ระหว่างคอมพิวเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

จากรูปที่ 2.9 แสดงถึงรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส และเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ดีขึ้น ในภาพนั้นจึงแบ่งข้อมูลออกเป็นไบต์ (แต่ในการส่งจริงไม่ได้แบ่งอย่างนี้)

เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีช่องว่าง บิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด ดังนั้นในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส จะต้องมีสัญญาณนาฬิกาในการควบคุมจังหวะของการรับส่งข้อมูล ทำให้เกิดความสอดคล้องกันในการส่งและรับ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้รับได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง

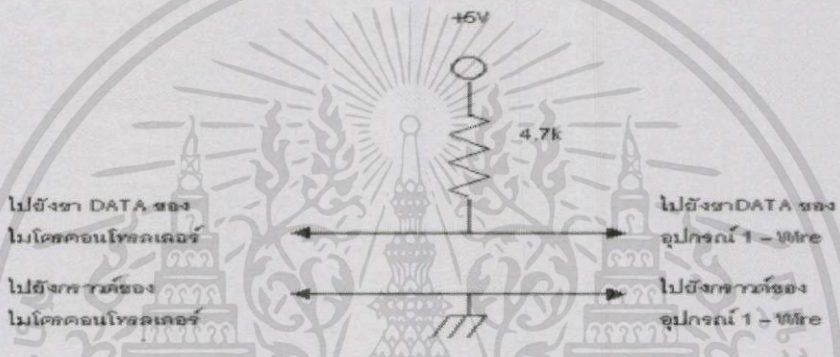
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มาตรฐานการสื่อสารอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

มาตรฐานการสื่อสารอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบ 1-Wire และ แบบบัสข้อมูล I^2C ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 1 Wire Bus

1 Wire Bus เป็นระบบสื่อสารแบบบัสแบบเส้นเดียว ซึ่งจะใช้สายเพื่อติดต่อสื่อสารเพียง 2 เส้น เท่านั้นคือ สาย Ground และสายข้อมูล โดยสายข้อมูลนี้จะจัดการเกี่ยวกับสัญญาณข้อมูลและสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูล ซึ่งสายข้อมูลนี้จะเป็นแบบวงจรเดรนเปิด เพราะฉะนั้นในการออกแบบวงจรให้มีตัวต้านทานมาพูลอัพ (Pull up) สายข้อมูล นี้ด้วยดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 1-Wire Bus

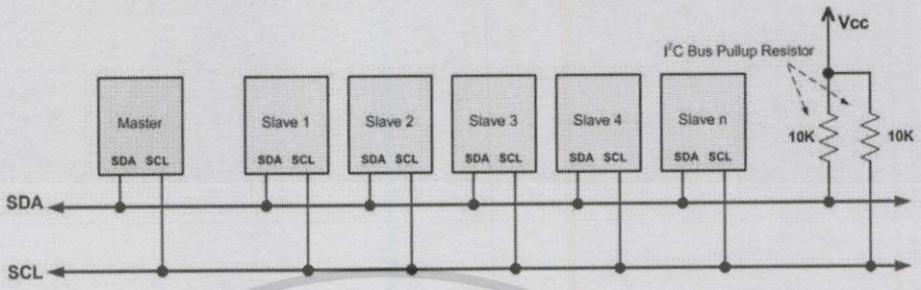
ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ 1-Wire Bus จะต้องดำเนินการอย่างระมัดระวัง ตามลำดับขั้นตอนในการทำให้สาย Data กับมามีลอจิกเป็น High และการตรวจจับการตอบรับจากอุปกรณ์อีกด้านหนึ่ง ช่วงจังหวะเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้ จะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดเฉพาะของระบบ 1-Wire Bus ตัวอย่างไมโครคอนโทรเลอร์ที่มีการสื่อสารตามมาตรฐาน 1- Wire Bus เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC

2.4.2 บัสข้อมูล I^2C

Inter Integrate Circuit (IIC) นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า I^2C BUS เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips Semiconductors โดยใช้สัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ Serial Data (SDA) และสาย Serial lock (SCL) ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน ทำให้ MCU ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบบัสข้อมูล I^2C ใช้สัญญาณ 2 เส้นคือ SCL และ SDA สำหรับติดกับอุปกรณ์แบบ 2 ทิศทาง โดยที่ขาสัญญาณทั้ง 2 จะต้องต่อกับตัวต้านทานแบบพูลอัพ เนื่องจากเอาต์พุตมีลักษณะเป็นแบบวงจรเดรนเปิด หรือเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบคอนเล็กเตอร์เปิด เพื่อให้เอาต์พุตเชื่อมต่อกันได้หลายตัว ซึ่งในรูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ I^2C BUS



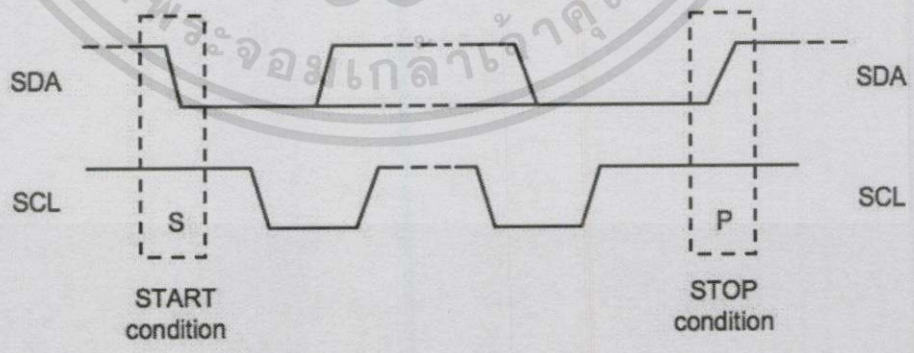
รูปที่ 2.11 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบบัสข้อมูล I^2C

2.4.2.1 การรับ-การส่งข้อมูลแบบบัสข้อมูล I^2C MCU จะเริ่มต้นการส่งข้อมูลด้วยการส่งสถานะเริ่มต้น (Start Condition) เพื่อแสดงการขอใช้บัส แล้วตามด้วยรหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งจะประกอบด้วยรหัสประจำตัวของอุปกรณ์ Device ID Device Address และ Mode ในการอ่านหรือเขียนข้อมูล

เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่า MCU ต้องการจะติดต่อด้วยก็ต้องส่งสถานะรับรู้ หรือแจ้งให้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ MCU รับรู้ว่าข้อมูลที่ได้ส่งมามีความถูกต้องและสิ้นสุดการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุดเพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่าสิ้นสุด (Stop Condition) เพื่อบอกกับอุปกรณ์ว่าสิ้นสุดการใช้บัส

สถานะบัสว่าง คือ เมื่อบัสไม่ได้ถูกใช้งานทั้ง SCL และ SDA จะเป็น 1 ทั้งคู่

การกำหนดสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดของ BUS (Start และ Stop Condition)



รูปที่ 2.12 Start Condition และ Stop Condition

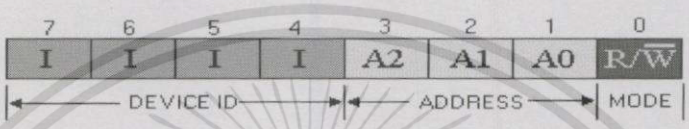
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในรูปที่ 2.12 เมื่อต้องการส่งข้อมูล MCU จะต้องส่งสถานะเริ่มต้น (Start Condition) คือ ให้ SDA เปลี่ยนจาก 1 มาเป็น 0 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1

เมื่อสิ้นสุดการใช้บัส MCU จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด (Stop Condition) คือให้ SDA เปลี่ยนจาก 0 มาเป็น 1 ในขณะที่ SCL มีค่าเป็น 1

2.4.2.2 รหัสควบคุมของบัส

รหัสควบคุมขอบัส ประกอบด้วยรหัสประจำตัวของอุปกรณ์ ประกอบด้วยบิต 1-7 และบิต 0 เป็นบิตควบคุมการเขียนอ่านแสดงดังรูปที่ 2.13



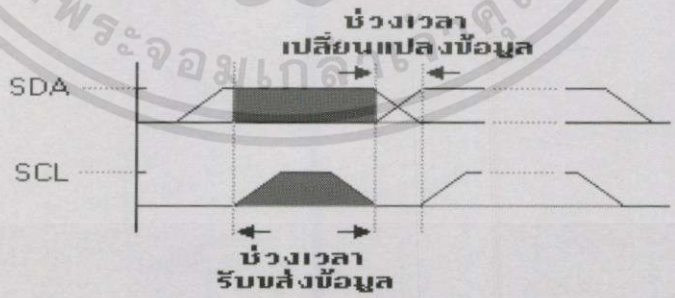
รูปที่ 2.13 รหัสควบคุมของบัส

รหัสประจำตัวของอุปกรณ์ ประกอบด้วยรหัสประจำตัวจากผู้ผลิต 4 บิต (บิต 4-7) ที่เปลี่ยนแปลงแก้ไขไม่ได้ และ Device Address 3 บิต (บิต 1-3) ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้รวมเป็นรหัส 7 บิต ใช้ระบุตัวอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัสจะมีค่าซ้ำกันไม่ได้

บิตควบคุมการเขียนคือ บิต 0 เมื่อ MCU ต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 0 และเมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ก็กำหนดให้บิตนี้เป็น 1

2.4.2.3 ช่วงเวลารับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS

สภาวะการรับ-ส่งข้อมูล จะกระทำในขณะที่ขา SCL เป็น 1 และสภาวะการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจะกระทำในขณะที่ขา SCL เป็น ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ช่วงเวลารับส่งบิตข้อมูลของ I^2C BUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระดับสัญญาณ TTL

ระดับสัญญาณ TTL (Transistor Transistor Logic) ซึ่งโดยทั่วไปข้อมูลจะถูกแทนด้วยเลขฐานสอง ระดับแรงดัน +5V จะแทนด้วยลอจิก 1 และระดับแรงดัน 0V จะแทนด้วยลอจิก 0 การแทนลอจิกด้วยระดับแรงดันเหล่านี้ เรียกว่า การแทนระดับสัญญาณของอุปกรณ์ TTL ซึ่งจะใช้ทั่ว ๆ ไปในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งในคอมพิวเตอร์ แต่จะไม่เหมาะสมที่จะกำหนดระดับแรงดันในการแทนลอจิก 0 หรือ 1 ที่จำเพาะเจาะจงลงไปเป็นค่าเฉพาะเพียงค่าเดียว

ระดับแรงดันที่ใช้แทนลอจิก 0 หรือ 1 นั้นจึงถูกกำหนดเป็นพิสัยของแรงดันที่ส่งจากอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งจะแตกต่างจากพิสัยของแรงดันที่ถูกรับโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับ นั้นคือตัวส่ง (Driver) จะต้องจ่ายแรงดันที่มีสัญญาณต่ำที่สุดเท่ากับ 2.4V ในการส่งค่าลอจิก 1 แต่ตัวรับ (Receiver) จะถือว่าระดับแรงดันที่มีระดับสัญญาณอยู่ระหว่าง 2.0-2.4 เป็นลอจิก 1 ด้วย สำหรับสาเหตุที่ถือว่าระดับสัญญาณในช่วง 2.0-2.4 เป็นลอจิก 1 ก็เนื่องจากมีการสูญเสียของสัญญาณระหว่างตัวส่งและตัวรับขึ้น ความคลาดเคลื่อนของระดับแรงดันที่เกิดขึ้นนี้ จะเรียกว่า “Noise Margin” ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4V ไม่ว่าจะเป็นกรณีของลอจิก 0 หรือ 1 ความคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นหลังจากสัญญาณรบกวน ที่ปนเข้ามาทางปฏิบัติความคลาดเคลื่อนนี้ถูกยอมรับให้ใช้งานทั่ว ๆ ไป

ในการรับส่งข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เราจะถือว่าระดับสัญญาณที่ใช้ส่งและรับ (ซึ่งใช้การแทนระดับสัญญาณแบบ TTL) เป็นอุดมคติ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

1. กำลังทำงานที่ใช้และกระจายความร้อนต่ำ
2. สัญญาณที่ใช้เป็นระดับสัญญาณลอจิกแบบ TTL ซึ่งสามารถจ่ายให้แก่ชิพไอซีได้โดยไม่ต้องใช้ Line Driver และวงจรรับข้อมูลที่มีราคาแพง
3. การอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ TTL จะทำหน้าที่ความถี่สูงซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการส่งข้อมูลภายในคอมพิวเตอร์

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ไม่ได้อยู่ในเครื่องเดียวกัน เช่น การติดต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในสำนักงานเดียวกัน เทคนิคที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลในเครื่องนั้นไม่เพียงพอที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องหรืออุปกรณ์แต่ละชิ้นได้ เราต้องเพิ่มเทคนิคบางอย่างเข้าไปอีก เพื่อให้การสื่อสารระหว่างเครื่องเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ในปัจจุบันมีเทอร์มินอลบางตัวใช้ระดับสัญญาณ TTL กับคอมพิวเตอร์หลักซึ่งถ้าทำการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณนี้ในระยะทางมากกว่า 2-3 ฟุต อาจจะมีปัญญาหาหรือข้อยุ่งยากบางข้อ เกิดขึ้นเนื่องจาก

1. ระดับสัญญาณแบบ TTL มักถูกเหนี่ยวจากสัญญาณรบกวนภายนอกได้ง่าย
2. การสูญเสีย (Loss) ไปในสายทำให้ระดับของแรงดันของสัญญาณที่ส่งออกไปลดลงซึ่งมีผลกระทบต่อค่าแรงดัน 0-5V ของ TTL เพราะอาการสูญเสียระดับแรงดันไปเพียง 2-3V สามารถทำให้ลอจิกต่าง ๆ ที่รับผิดพลาดไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส RS-232

2.6.1 ความสำคัญของอินเตอร์เฟส

การส่งข้อมูลเฉพาะภายในเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากเราสามารถคาดเดาสภาพแวดล้อมภายในเครื่องได้ แต่การรับส่งข้อมูลสู่ภายนอกเราไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าคอมพิวเตอร์และตัวข้อมูลจะต้องพบกับสภาพเช่นไร และจะมีผลต่อข้อมูลและเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างไร ดังนั้นจะต้องออกแบบวงจร เพื่อแยกข้อมูลและคอมพิวเตอร์ออกจากสภาพแวดล้อมและสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ นั่นคือตัวอินเตอร์เฟส (Interface) ซึ่งมีหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก คล้ายกับประตูของเครื่องคอมพิวเตอร์ บางครั้งเรียกว่า I/O พอร์ต หรือเรียกสั้น ๆ ว่าพอร์ต ตัวอย่างการอินเตอร์เฟสที่เห็นได้ง่าย คือ การอินเตอร์เฟสระหว่างบ้านกับการไฟฟ้า การไฟฟ้าจะส่งไฟฟ้าแรงสูงไปตามสายและลดลงสู่ระดับที่ปลอดภัยเพื่อจ่ายเข้าบ้านผู้ใช้ การไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดในการต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า ดังนั้นก่อนต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า ผู้ใช้จะต้องตรวจสอบขนาดสายไฟ และอุปกรณ์ป้องกันว่าตรงกับข้อกำหนดหรือไม่ การป้องกันอุปกรณ์เป็นเพียงจุดมุ่งหมายหนึ่งของการอินเตอร์เฟส วัตถุประสงค์หลักของการอินเตอร์เฟสก็คือ การใช้อุปกรณ์อินเตอร์เฟสเป็นสื่อการของการส่งข้อมูลและความสะดวกต่อการใช้งาน

2.6.2 มาตรฐานการอินเตอร์เฟส RS-232

การอินเตอร์เฟสข้อมูลแบบอนุกรมมีอยู่มากมายหลายระบบตั้งแต่อดีตแล้ว เช่น การส่งข้อมูลข้ามทวีปมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1886 ที่อาศัยสัญญาณพอร์ต (Teleprinter และ Telewriter) ทำให้เกิดอุปกรณ์การติดต่อข้อมูลแบบอนุกรมหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีอินเตอร์เฟสเป็นของตัวเอง เมื่อพิจารณาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ สาเหตุของความหลากหลายของวงจรอินเตอร์เฟสสายโทรสาร (Telegraph) ที่ใช้ในการติดต่อข้อมูลเป็นตัวกลางที่สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ได้หลายชนิด และทนต่อสภาพการใช้งานได้หลายรูปแบบ ต่อมาคอมพิวเตอร์ได้เข้ามีส่วนร่วมในการติดต่อสื่อสารมากขึ้น

เครื่องคอมพิวเตอร์ในยุคแรก ๆ ไม่ได้ทำงานในลักษณะนี้ I/O ส่วนใหญ่ทำโดยอาศัยบัตรเจาะรูหรือเทปกระดาษ เมื่อคอมพิวเตอร์กับระบบดำเนินการเริ่มมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถติดต่อกับมนุษย์ได้โดยตรง ต่อมามีระบบจัดแบ่งเวลา (Time-Sharing-System) ขึ้นมาทำให้ผู้ใช้หลายคน สามารถต่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวได้ในเวลาเดียวกัน การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ในระยะที่ไม่ห่างกันมากนักจึงเป็นที่นิยมกันมากขึ้น แต่เมื่อผู้ใช้มีความต้องการในการติดต่อในระยะที่ไกลขึ้น จึงหันมาใช้การส่งข้อมูลไร้สายที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวสื่อกลางในการสื่อสารข้อมูล ใน ค.ศ. 1969 EIA (Electronic Industries Association) ห้องวิจัยของ Bell และบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารได้ร่วมกันจัดตั้งมาตรฐาน RS-232-D และยังมีมาตรฐานคล้าย ซึ่งออกโดยองค์กรระหว่างประเทศ คือ Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony (CCITT) เพื่อให้เข้าใจการอินเตอร์เฟส RS-232 ได้ดียิ่งขึ้น จึงควรที่จะต้องเข้าใจถึงวัตถุประสงค์หลักของ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดตั้งมาตรฐาน RS-232-D และยังมีมาตรฐานคล้าย ซึ่งออกโดยองค์กรระหว่างประเทศ คือ Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony (CCITT) เพื่อให้เข้าใจการอินเตอร์เฟส RS-232 ได้ดียิ่งขึ้น จึงควรที่จะต้องเข้าใจถึงวัตถุประสงค์หลักของ RS-232 ก่อนคือ การอินเตอร์เฟสระหว่างเทอร์มินอล (Data Terminal Equipment) กับโมเด็ม (Data Communications Equipment หรือ DCE) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลต่าง ๆ แบบอนุกรมประกอบด้วย 4 ส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ (Electronic Signal Characteristics) ในส่วนนี้จะอธิบายถึง รูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่ตัวอินเตอร์เฟสจะส่งออก และรับเข้ามาจากภายนอก ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้แทนลอจิกต่าง ๆ (0 หรือ 1 , ON/OFF , MARK/SPACE) รวมถึงอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลคุณสมบัติของวงจรรับและส่ง

2. คุณสมบัติทางกลไกการอินเตอร์เฟส (Interface Mechanical Characteristics) ตัวอินเตอร์เฟสประกอบด้วยส่วนที่เป็นปลั๊ก (Plus) และตัวเสียบ (Receptacle) โดยเต้าเสียบจะอยู่บน DCE

3. การทำงานของวงจรแลกเปลี่ยน (Function Description of Interchange Circuit) ในส่วนนี้กำหนดหน้าที่และตั้งชื่อให้กับสัญญาณไฟฟ้าต่าง ๆ ที่นำมาใช้ เช่น ข้อมูลส่งออก (Transmitted Data) ได้ถูกกำหนดไว้ที่ขา 2 ซึ่งข้อกำหนดมีมากถึง 25 ข้อแต่มีเพียงไม่กี่ข้อที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอมพิวเตอร์

4. มาตรฐานการอินเตอร์เฟสสำหรับระบบติดต่อสื่อสารเฉพาะอย่าง (Standard Interface for Selected Communication System Configurations)

2.7 ซิกบี

ซิกบี (ZigBee) เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่ร่วมกันสื่อสารข้อมูลผ่านเซนเซอร์ขนาดเล็กจำนวนนับพัน ๆ หมื่น ๆ ชิ้นที่ฝังอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ในอาคาร สำนักงาน โรงงานหรือแม้แต่บ้าน การทำงานจะเป็นการรับและส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลผ่านชิพขนาดเล็กนี้เป็นจุดต่อจุดไปเรื่อย ๆ จนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลในคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้อาจจะเป็นการวัดอุณหภูมิ การเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต จับปริมาณมลพิษทางอากาศ ปริมาณน้ำ ท่อแก๊ส โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่กินไฟน้อยมาก จึงสามารถทิ้งไว้ได้เป็น 10 ปี ว่ากันว่าเทคโนโลยี ซิกบี นี้ จะช่วยทำให้บริษัทที่เกี่ยวข้องกับการส่งพลังงาน เช่น น้ำมัน ประปา น้ำในเขื่อน ท่อแก๊ส สามารถประหยัดค่าใช่จ่ายได้อย่างน้อย 10-15% และในอนาคตอันใกล้นี้ เมื่อเทคโนโลยีนาโนก้าวหน้ามากขึ้น ซิกบีจะมีขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุดสามารถฝังได้แม้กับร่างกายของสิ่งมีชีวิต

ชื่อ ซิกบี ได้มาจากพฤติกรรมการสื่อสารของผึ้ง โดยผึ้งจะบินแบบซิกแซกและจะให้ข้อมูลข่าวสารระหว่างผึ้งด้วยกัน ที่เกี่ยวกับตำแหน่ง ระยะทาง และทิศทางของอาหารที่พวกมันกำลังหาอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิกบี ถูกสร้างขึ้นในการทำระบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (WPAN) อยู่ภายใต้มาตรฐาน IEE 802.15.4 โดยมาตรฐานนี้ใช้งานสำหรับการสื่อสารความเร็วต่ำใช้กำลังไฟฟ้าน้อยอุปกรณ์ราคาถูก และมีคุณสมบัติการจัดการตัวเองได้

ลักษณะของ ซิกบีคือมีทางเข้าช่องสัญญาณโดยการใช้การ Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance (CSMA-CA) หรือมีทางเข้าช่องสัญญาณหลาย ๆ ทางเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกัน ระยะทางโดยทั่วไปประมาณ 50 เมตร มี Topology แบบ Star, Peer-to -peer, Mesh ทั้งนี้แต่ละอุปกรณ์จะมีแอดเดรสที่มีความยาว 64 หรือ 16 บิต (รองรับได้ 64,000อุปกรณ์)

2.7.1 การส่งข้อมูลของ ซิกบี

การรับส่งข้อมูลแบบ RF ของแต่ละแพ็กเกจในส่วนของ header จะประกอบไปด้วย Source Address และ Destination Address โดยที IEEE 802.15.4 จะมีโครงสร้าง 2 แบบ นั่นคือแบบ Short 16-bit addresses และแบบ long 64-bit addresses ซึ่ง 64-bit จะสามารถอ่านคำสั่ง SL (serial number low) และ SH (serial number high) และการส่งข้อมูลแบบ RF จะส่งได้ 2 โหมด คือ Unicast Mode และ Broadcast Mode

1. การส่งแพ็กเกจโดยใช้โครงสร้าง 16-bit addressing ให้ตั้งค่า ตัวแปร DL (Destination Address low) ให้เท่ากับ ตัวแปร MY และตั้งค่าตัวแปร DH (Destination Address high) เป็น '0'
2. การส่งแพ็กเกจโดยใช้โครงสร้าง 64-bit addressing ให้ตั้งค่า Destination Address (DL+DH) ให้เท่ากับ Source Address (SL+SH) ของปลายทางที่เราจะส่งแพ็กเกจไป

2.7.2 การติดต่อสื่อสารของซิกบีผ่านทางพอร์ตอนุกรม

ซิกบีอินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์ผู้ใช้ (Host) ผ่านทางพอร์ตอนุกรม อะซิงโครนัสระดับตรรกะส่งผ่านโมดูลทางพอร์ตอนุกรม โมดูลสามารถติดต่อสื่อสารกับตรรกะต่าง ๆ เข้ากับ UART หรือระดับตัวแปรกับอุปกรณ์อนุกรมต่าง ๆ UART การไหลของข้อมูล อุปกรณ์มีอินเตอร์เฟส UART สามารถติดต่อโดยตรงกับพินของ RF โมดูล

ข้อมูลส่งขาเข้า UART โมดูล ผ่านขา CATA In (3 ขา) ด้วยสัญญาณอนุกรมอะซิงโครนัส สัญญาณจะว่างเมื่อไม่มีข้อมูลถูกส่ง แต่ละข้อมูลไบต์ประกอบด้วย บิตเริ่มต้น (บิตต่ำ) 8 ข้อมูลบิต และบิตหยุด (บิตสูง) ตามรูปที่ อธิบายแผนบิตอนุกรมของการผ่านข้อมูลของโมดูล

รูปแบบงานโมดูล UART ดังนั้นเวลาและพาริตี้ตรวจสอบต้องการข้อมูลติดต่อสื่อสาร การติดต่อสื่อสารอนุกรมขึ้นอยู่กับ 2 UARTS ถูกจัดโครงสร้างกับการจัดตั้ง (อัตราบอด, พาริตี้, บิตเริ่มต้น , บิตหยุด, บิตข้อมูล)

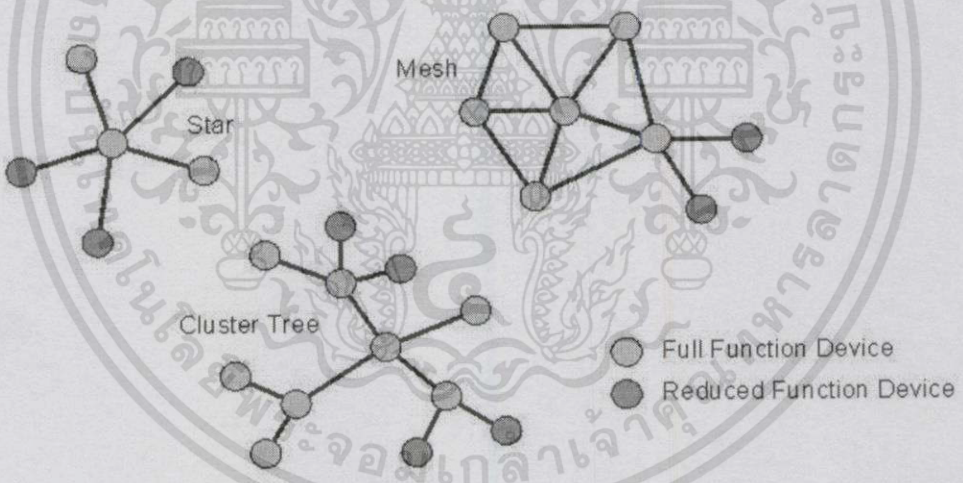
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 มาตรฐาน IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานของระดับชั้น Physical (PHY) และ Media Access Control (MAC) สำหรับอุปกรณ์ส่งข้อมูลไร้สายที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำ ออกแบบมาเพื่อให้ใช้พลังงานน้อย สำหรับอุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูง การส่งข้อมูลมีความเชื่อถือได้เพราะมีความถูกต้องสูงและสามารถใช้ได้ทั้งในเครือข่ายแบบ star และ peer-to-peer มีระยะทางที่สามารถส่งข้อมูลได้ประมาณ 10-75 เมตร ขึ้นอยู่กับกำลังที่ใช้ในการส่งข้อมูลและสภาพแวดล้อมตอนที่ส่งและสามารถเลือกความถี่ที่ใช้ได้สามช่วงเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน มีการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อความปลอดภัยของข้อมูลที่จะส่งโดยใช้ระบบ Advance Encryption System (AES)

2.7.4 เครือข่ายโปรโตคอล ซิกบี

เครือข่ายไร้สายโดยใช้โปรโตคอล ดังรูปที่ 2.15 ซิกบีสามารถตั้งค่าได้หลายแบบ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นหมวดใหญ่ ๆ ได้ 2 แบบ คือ จุดเชื่อมต่อและอุปกรณ์ปลายทาง อุปกรณ์เชื่อมต่อของโปรโตคอล ซิกบีเป็นอุปกรณ์ประเภท FFD ที่รวมการทำงานของโปรโตคอล ซิกบีไว้เป็นจำนวนมาก ส่วนอุปกรณ์ปลายทางสามารถเป็นได้ทั้ง FFD และ RFD ซึ่ง RFD เป็นอุปกรณ์ที่เล็กและง่ายที่สุดของโปรโตคอล ซิกบีที่มีการทำงานของโปรโตคอล ซิกบีน้อยมาก



รูปที่ 2.15 เครือข่ายโปรโตคอลของซิกบี

1. เครือข่ายแบบสตาร์

ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อโปรโตคอล ซิกบี 1 จุด และอุปกรณ์ปลายทางหลาย ๆ ชิ้นในเครือข่ายแบบสตาร์ อุปกรณ์ปลายทางทั้งหมดจะสื่อสารกับอุปกรณ์เชื่อมต่อเท่านั้น ถ้าอุปกรณ์ปลายทางหนึ่งต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ปลายทางอื่น ๆ ต้องส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อเท่านั้นหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ อุปกรณ์เชื่อมต่อทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครือข่ายแบบต้นไม้

ในเครือข่ายนี้อุปกรณ์ปลายทางจะสามารถเชื่อมต่อได้กับอุปกรณ์เชื่อมต่อหรือ ซิกบีโปรโตคอลเราเตอร์ทำหน้าที่ 2 ประเภท คือ เพิ่มจำนวนโหนดที่สามารถเชื่อมต่ออยู่บนเครือข่ายและขยายขนาดของเครือข่าย เนื่องจากเราเตอร์จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังจุดต่าง ๆ ของเครือข่ายได้โดยที่อุปกรณ์ปลายทางไม่จำเป็นต้องอยู่ในระยะการส่งสัญญาณวิทยุ

3. เครือข่ายแบบเมช

เครือข่ายแบบเมชใช้กับเครือข่ายแบบต้นไม้ยกเว้นอุปกรณ์ FFD สามารถส่งข้อมูลไปยัง FFD อื่นได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านโครงสร้างต้นไม้ ข้อมูลที่ส่งไปยัง RFD จะต้องผ่านอุปกรณ์ RFD ก่อนหน้า ข้อดีของการเชื่อมต่อแบบนี้คือ ช่วยลดอัตราความล่าช้าของการส่งและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ

เครือข่ายแบบต้นไม้และเครือข่ายแบบเมชมีอีกชื่อว่า เครือข่ายหลายจุด (Multi-hop) ขณะที่เครือข่ายแบบสตาร์เป็นเครือข่ายจุดเดียว (Single-hop) เครือข่ายโปรโตคอลซิกบีเป็นเครือข่ายแบบเชื่อมต่อได้หลายอุปกรณ์พร้อมกัน ซึ่งหมายความว่า จุดเชื่อมต่อในเครือข่ายทุกจุดมีสิทธิในการเข้าถึงตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารเท่า ๆ กัน มีวิธีการเชื่อมต่อแบบหลายอุปกรณ์พร้อมกัน 2 วิธี ได้แก่ Beacon และ Non-Beacon การเชื่อมต่อแบบ Non-Beacon ทุกจุดเชื่อมต่อในเครือข่ายส่งข้อมูลได้ตลอดเวลาที่ช่องสัญญาณว่างอยู่ ในเครือข่ายแบบ Beacon จุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้ในช่วงเวลาที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเท่านั้น

2.7.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรโตคอลของซิกบี

2.7.5.1 ขั้นตอนการทำงานของ ซิกบี Coordinator จะเริ่มต้นเครือข่าย โดยการตรวจสอบการใช้ช่องสัญญาณวิทยุภายในบริเวณรอบ ๆ ถ้ามีช่องสัญญาณที่ไม่ถูกใช้โดย Coordinator ตัวอื่น ก็สามารถเริ่มต้นเครือข่ายได้ หลังจากนั้น Coordinator ก็จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย รองรับการเข้าร่วมเครือข่ายของ ซิกบี End-Device และรองรับการร้องขออื่น ๆ ตามมาตรฐานด้วยเช่นกัน

2.7.5.2 ขั้นตอนการทำงานของ ซิกบี End-device จะเริ่มต้นการทำงานโดยการร้องขอเข้าร่วมเครือข่ายไปยัง Coordinator ประจำเครือข่ายนั้น ๆ โดยการตรวจสอบผ่านช่องสัญญาณต่าง ๆ ว่า Coordinator ใช้ช่องสัญญาณใดอยู่เมื่อเข้าร่วมเครือข่ายแล้ว End-Device จึงสามารถทำการร้องขออื่น ๆ ผ่านทาง Coordinator ได้ เช่น การส่งข้อความทั่วไป (Message), การร้องขอการ Binding (Binding request), การขอออกจากเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 ซิกบีกับมาตรฐานสื่อสารแบบไร้สายอื่น ๆ

ซิกบีเมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานระบบสื่อสารต่าง ๆ แสดงดังตาราง จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีของ Bluetooth และ Wi-fi นั้นกินพลังงานสูง จึงไม่เหมาะนำมาใช้งานกับเครือข่ายเซนเซอร์ซึ่งอัตราการส่งข้อมูลไม่เยอะ และไม่จำเป็นต้องเร็วมากเพราะมีการเรียกข้อมูลเป็นคาบเวลา

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบมาตรฐานการสื่อสารแบบไร้สาย

มาตรฐาน	ซิกบี 802.15.4	Wi-fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1
ช่วงการส่ง (m)	1-100	1-100	1-10
อายุการใช้งาน (วัน)	100-1,000	0.5-5	1-7
ขนาดเครือข่าย (ต่อโหนด)	มากกว่า 64,000	32	7
Application	Monitering & Control	Web, E-mail, VDO	Cable Replacement
ขนาด Stack (Kbyte)	4.32	1,000	250
Throughput (Kbps)	20-250	11,000	720

2.8 วิชวลเบสิก

โปรแกรม วิชวลเบสิก (Visual Basic ,VB) เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่กำลังเป็นที่นิยมอยู่ในปัจจุบัน เป็นโปรแกรมที่ได้เปลี่ยนรูปแบบการเขียนโปรแกรมใหม่ โดยมีชุดคำสั่งมาสนับสนุนการทำงาน มีเครื่องมือต่าง ๆ ที่เรียกว่า คอนโทรล (Controls) ไว้สำหรับช่วยในการออกแบบโปรแกรมโดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟฟิก หรือที่เรียกว่า Graphic User Interface (GUI) ทำให้การจัดการรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่าย และในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event-Driven Programming คือ โปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้น ตัวอย่างของเหตุการณ์ได้แก่ ผู้ใช้เลื่อนเมาส์ ผู้ใช้กดปุ่มคีย์บอร์ด ผู้ใช้กดเมาส์ เป็นต้น เครื่องมือหรือคอนโทรลต่าง ๆ ที่โปรแกรม Visual Basic ได้เตรียมไว้ ไม่ว่าจะเป็น Form TextBox Label ฯลฯ ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอใช้คำว่า ออบเจ็กต์) นั่นหมายความว่า ไม่ว่าจะเครื่องมือใด ๆ ใน Visual Basic จะเป็นออบเจ็กต์ทั้งสิ้น สามารถที่จะควบคุมการทำงาน แก้ไขคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นได้โดยตรง ในแต่ละออบเจ็กต์จะมีคุณสมบัติ (Properties) และเมธอด (Methods) ประจำตัว ซึ่งในแต่ละออบเจ็กต์อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือนหรือต่างกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของออบเจ็กต์ ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วยวิชวลเบสิก การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่า โพรซีเดอร์ (Procedure) แต่ละโพรซีเดอร์จะประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่พิมพ์เข้าไป แล้วทำให้คอนโทรลหรือออบเจ็กต์นั้น ๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่าการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming-OOP) แต่ตัวภาษา Visual Basic ยังไม่ถือว่าเป็นการเขียนโปรแกรมแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OOP อย่างแท้จริง เนื่องจากข้อจำกัดหลาย ๆ อย่างที่ Visual Basic ไม่สามารถทำได้ วิชวลเบสิกเป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างโปรแกรมประยุกต์สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows Visual เป็นส่วนที่หมายถึงเมธอดในการติดต่อแบบ Graphical User Interface (GUI) ซึ่งการสร้างทำได้โดยการเพิ่มออบเจ็กต์ลงบนฟอร์มที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ผ่านจอภาพ ในคำว่า Basic เป็นส่วนที่หมายถึงภาษา Basic (Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code) โดย Visual Basic ได้เปลี่ยนแปลงจากภาษา Basic ดั้งเดิม ด้วยการเพิ่มประโยคคำสั่ง ฟังก์ชั่น และ คีย์เวิร์ดที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับ GUI

2.8.1 แนวคิดของวิชวลเบสิก

โปรแกรมประยุกต์วิชวลเบสิก เป็นการพัฒนาสภาพแวดล้อมของวินโดว์ ซึ่งแนวคิดพื้นฐานในการทำงานของระบบวินโดว์ ที่สำคัญ 3 ประการคือ วินโดว์ อีเวนท์ (Event) และ ข่าวสาร (Message) โปรแกรมประยุกต์ วิชวลเบสิก มีการทำงานแบบ Event-Driven ที่เป็นการประมวลผลคำสั่งในแต่ละส่วนเพื่อตอบสนองต่ออีเวนท์ ซึ่งอีเวนท์ เหล่านี้สามารถเปลี่ยนโดยการทำงานของผู้ใช้ ข่าวสารของระบบหรือโปรแกรมประยุกต์อื่น หรือภายในโปรแกรมเดียวกัน ลำดับการทำงานของอีเวนท์ จะจัดลำดับโดยการประมวลคำสั่ง

2.8.2 ลักษณะการเขียนโปรแกรมของวิชวลเบสิก

การเขียนโปรแกรมของวิชวลเบสิก จะอยู่ในลักษณะ Event-Driven คือเป็นการเขียนโปรแกรมที่ตอบสนองต่อการควบคุมเหตุการณ์ต่าง ๆ มากมาย ที่เกิดจากการกระทำของผู้ใช้ การเขียนโปรแกรมที่ผูกไว้กับเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นกับออบเจ็กต์ หรือส่วนประกอบต่าง ๆ ที่อยู่บนหน้าจอ

การสร้างโปรแกรมประยุกต์วิชวลเบสิก ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน

1. การสร้างอินเตอร์เฟสโดยมีฟอร์มเป็นออบเจ็กต์พื้นฐาน และเป็นที่วางตัวคอนโทรล สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้
2. ตั้งค่าคุณสมบัติ เป็นการกำหนดพฤติกรรมและการทำงานให้กับออบเจ็กต์ต่าง ๆ
3. การเขียนคำสั่ง เป็นการควบคุมการประมวลผลผ่านโพรซีเดอร์ ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

2.9.1 โครงสร้างทั่วไป

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำงาน ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล

2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใด ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 คุณสมบัติพิเศษ

นอกจากนี้ยังมีส่วนพิเศษอื่น ๆ จะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่จะผลิตขึ้นมาใส่คุณสมบัติพิเศษลงไปเช่น

1. ADC (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณแอนะล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตัล
2. DAC (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิตัลแปลงไปเป็นสัญญาณแอนะล็อก
3. บัสข้อมูล I^2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการสื่อสารอนุกรม แบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ ติดต่อสื่อสาร ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips Semiconductors โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data (SDA) และสาย serial clock (SCL) ซึ่งสามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวนหลาย ๆ ตัว เข้าด้วยกันได้ ทำให้ MCU ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น
4. SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronize) มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ SPI อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) โดยปกติแล้วจะเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ หรืออาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ Master จะต้องควบคุมอุปกรณ์ Slave ได้ โดยปกติตัว Slave มักจะเป็นไอซี (IC) หน้าที่พิเศษต่าง ๆ เช่น ไอซีอุณหภูมิ, ไอซีฐานเวลานาฬิกาจริง (Real-Time Clock) หรืออาจเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ในโหมด Slave ก็ได้เช่นกัน
5. PWM (Pulse Width Modulation) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบสแควร์เวฟ ที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และ Duty Cycle ได้เพื่อนำไปควบอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์
6. UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสสำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Atmel มีสถาปัตยกรรมภายในเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) โดยใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกในการปฏิบัติงานใน 1 คำสั่ง (Instructions in a single clock cycle) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง แบ่งได้หลายอนุกรม และในแต่ละอนุกรมยังแบ่งออกได้หลายเบอร์ เพื่อรองรับความต้องการที่แตกต่างของผู้ใช้งาน โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ AVR เบอร์ ATmega328 ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดนี้ สามารถใช้ ภาษาซี ในการเขียนโปรแกรมได้

รูปที่ 2.16 AVR เบอร์ ATmega328

1. **คุณสมบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATMEGA328**

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ประสิทธิภาพสูง แต่ใช้พลังงานต่ำในตระกูล AVR
- ซีพียู (CPU) เป็นสถาปัตยกรรมแบบ RISC
- มีชุดคำสั่งใช้งาน 131 คำสั่ง และส่วนใหญ่คำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูกในการประมวลผล
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว
- ทำงานได้สูงสุดที่ 20 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS) เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 20 เมกะเฮิร์ซ (MHz)

2. **หน่วยความจำ**

- หน่วยความจำ ROM แบบ Flash ขนาด 32 กิโลไบต์ (KB)
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM (มีโหมดป้องกันหน่วยความจำ) ขนาด 1 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 กิโลไบต์
- สามารถเขียนและลบได้ถึง 100,000 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เก็บข้อมูลได้กว่า 20 ปี ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส และกว่า 100 ปีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3. คุณสมบัติการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

- มีตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัวที่สามารถแยกโหมดการทำงานจากกันได้ 2 โหมดคือ Prescaler และ Compare
- มีตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต จำนวน 1 ตัว ที่แยกโหมดการทำงานได้ 3 โหมดคือ Prescaler Compare และ Capture
- มีตัวนับเวลาจริง (Real Time Counter) ที่แยกวงจรกำหนดความถี่ได้
- โมดูลสร้างสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulator) มีจำนวน 6 ช่องสัญญาณ
- โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตัลขนาด 10 บิต
- โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบ SPI ได้ทั้งการเป็นมาสเตอร์ (Master) และสเลฟ (Slave)
- โมดูลเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมแบบสายสัญญาณ 2 เส้น แบบส่งข้อมูลเรียงไบต์ (Byte Oriented)
- โมดูลเปรียบเทียบแรงดันแอนะล็อก (Analog Comparator)
- มีตัวตั้งเวลาแบบวอตช์ด็อกที่สามารถกำหนดการทำงานได้โดยสามารถแยกสัญญาณนาฬิกาได้จากตัวชิพ
- การรองรับการอินเตอร์รัปต์และการเวก-อัพ (Wake-Up) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับขาของชิพ

4. คุณสมบัติพิเศษ

- มีระบบการรีเซต (บราวน์เอาต์ดีเท็กชั่น : Brown-Out Detection) เมื่อตรวจพบการทำงานผิดปกติ
- มีการตอบสนองแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ทั้งภายในและภายนอก (External and Internal Interrupt Sources)
- มีโหมดการทำงานสลีป 6 แบบคือ Idle, ADC Noise Reduction, Power-Save, Power-Down, Standby และ Extended Standby

5. I/O และตัวถัง

- มีขาของ I/O ที่สามารถกำหนดการทำงานได้ 23 ขา
- 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. **ช่วงอุณหภูมิที่ชิพ**

- ทำงานได้ -40 องศาเซลเซียส ถึง 85 องศาเซลเซียส

7. **ไฟเลี้ยง**

- ไฟเลี้ยง 1.8-5.5V

8. **ใช้พลังงานน้อย** : ที่ความถี่ 1MHz แรงดัน 1.8V อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

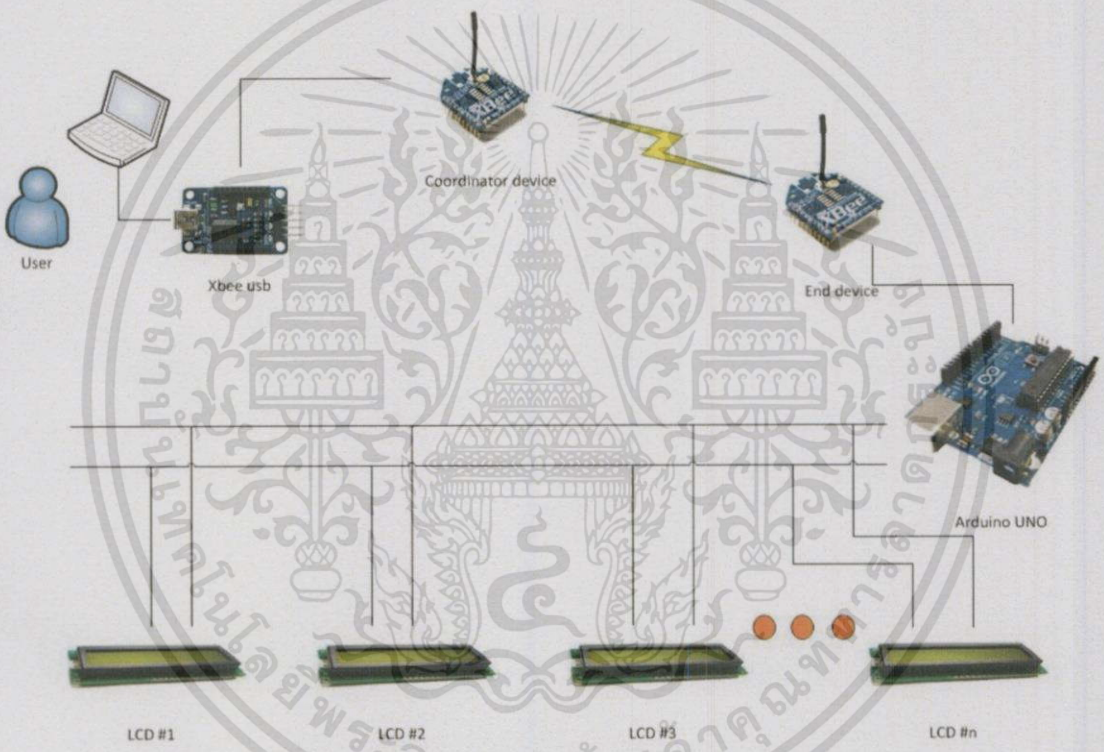
- Active mode : 0.2mA
- โหมดเพาเวอร์ดาวน์ (Power-Down) : 0.1µA
- โหมดเพาเวอร์เซฟ (Power-Save) : 0.75µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างโดยรวมของโครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งการทำงานของโครงสร้างนี้ เริ่มจากผู้ใช้ทำการกดจองในแอพพลิเคชั่น ข้อมูลที่กดจองจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย จากนั้นนำข้อมูลไปประมวลผล และนำไปแสดงค่าบนหน้าจอแอลซีดี



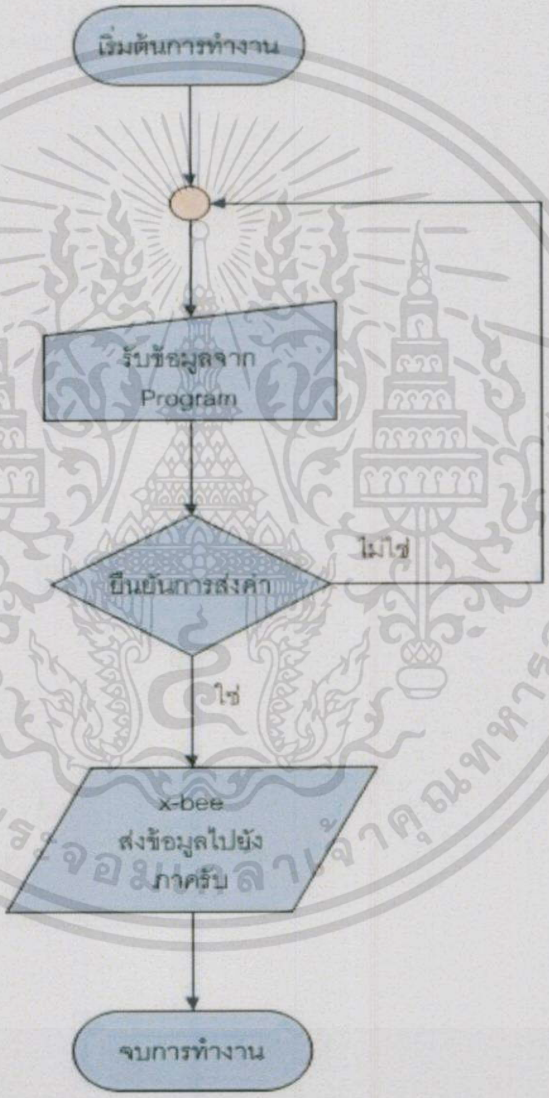
รูปที่ 3.1 โครงสร้างโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพรวมของระบบสามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของภาคส่ง และส่วนของภาครับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 ส่วนของภาคส่ง

การออกแบบส่วนของภาคส่งมีการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.2 โดยการทำงานของซิกบีเริ่มจากเมื่อผู้ใช้ทำการป้อนข้อมูลผ่านแอพพลิเคชั่น และทำการยืนยันการส่งข้อมูล ซิกบีภาคส่งจะทำการส่งข้อมูลไปยังภาครับ แต่หากผู้ใช้ยกเลิกการส่งข้อมูล ซิกบีก็จะกลับไปรับข้อมูลใหม่อีกครั้ง

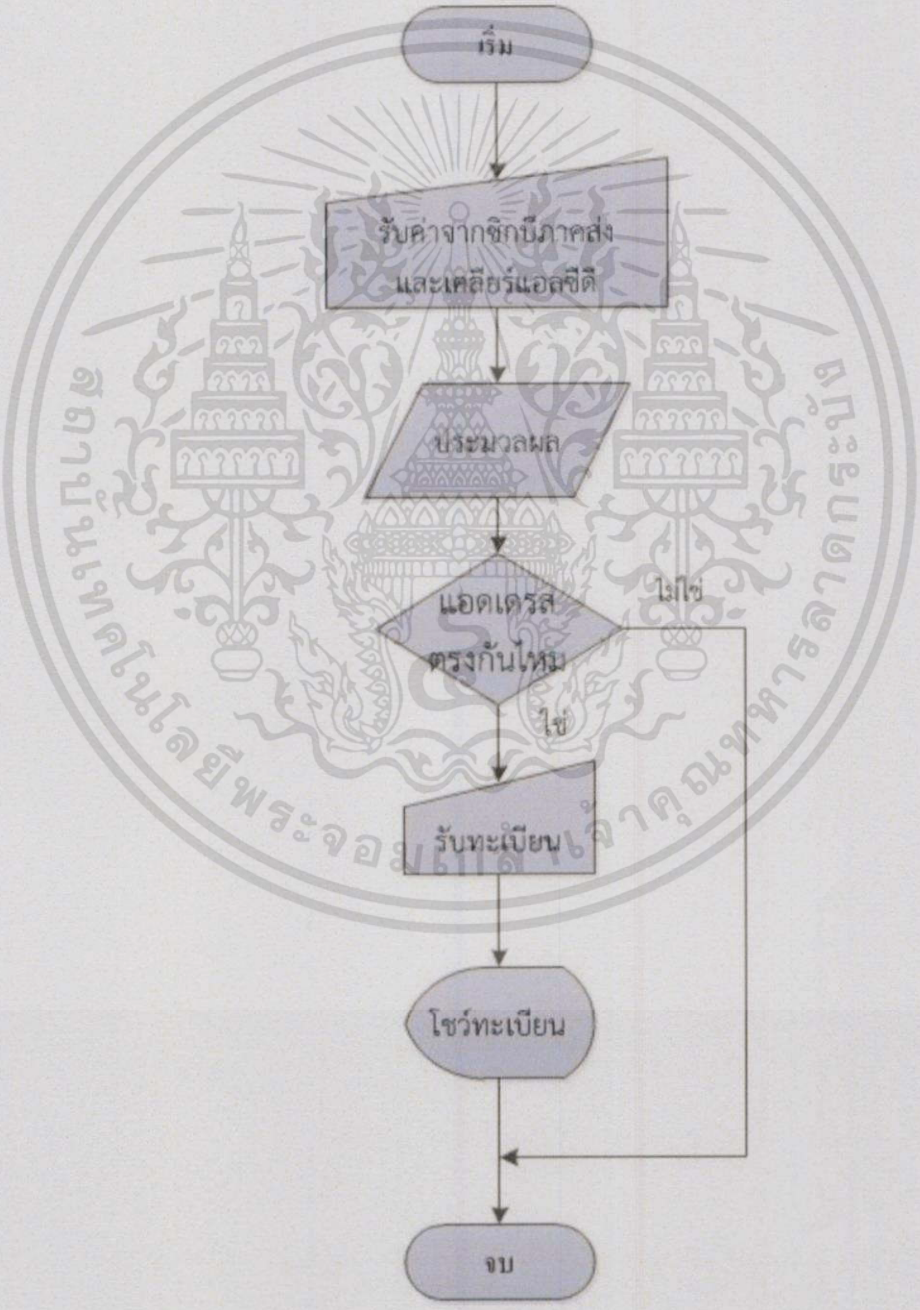


รูปที่ 3.2 การทำงานของภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนของภาครับ

การออกแบบส่วนของภาครับ ซึ่งมีการทำงานหลักของระบบที่สำคัญดังรูปที่ 3.3 โดยการทำงานจะเริ่มต้นจาก ซิกบีภาครับรับข้อมูลมาจากซิกบีภาคส่ง จากนั้นส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลว่าได้เลือกใช้แอลซีดีตัวใดในการแสดงข้อมูล เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าจากซิกบีภาคส่งและประมวลผลอีกครั้งไมโครคอนโทรเลอร์จะส่งค่าที่ได้ไปแสดงบนแอลซีดีที่เลือกไว้ในตอนแรก



รูปที่ 3.3 การทำงานของภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโครงงาน

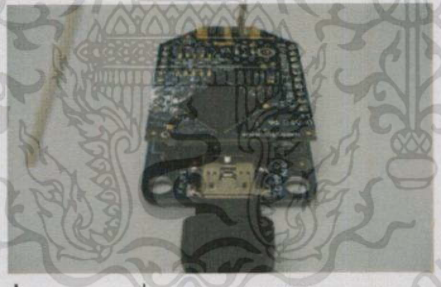
เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการจัดทำป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยผ่านโมดูลแบบไร้สาย และเป็นการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังป้ายแสดงข้อมูลหลาย ๆ ตัว ทางโครงงานนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.2.1 ซิกบี

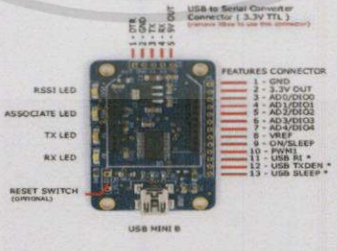
โครงงานนี้จัดทำการส่งข้อมูลโดยผ่านระบบไร้สาย ดังนั้นจึงเลือกใช้ซิกบี เนื่องจากเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย ใช้พลังงานต่ำ ใช้มาตรฐานการสื่อสารแบบ IEEE 802.15.4 ทำให้การรับส่งข้อมูลรวดเร็ว และความผิดพลาดมีน้อยมาก สำหรับโครงงานนี้แบ่งการสื่อสารออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.2.1.1 การสื่อสารระหว่างซิกบีกับคอมพิวเตอร์

ในโครงงานนี้ใช้ ซิกบี ยูเอสบี ดองเกิล (XBee USB Dongle) ทำการเชื่อมต่อระหว่างซิกบีกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม และสามารถแก้ไขค่าต่าง ๆ หรืออัพเดต Firmware ด้วยโปรแกรม X-CTU ได้โดยง่าย อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อโดยใช้สายยูเอสบีหรือจะต่อแบบ UART, TTL Serial ซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้การเชื่อมต่อโดยใช้สายยูเอสบี ดังรูปที่ 3.4 โดยมีโครงสร้างของซิกบี ยูเอสบี ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อยูเอสบีกับคอมพิวเตอร์

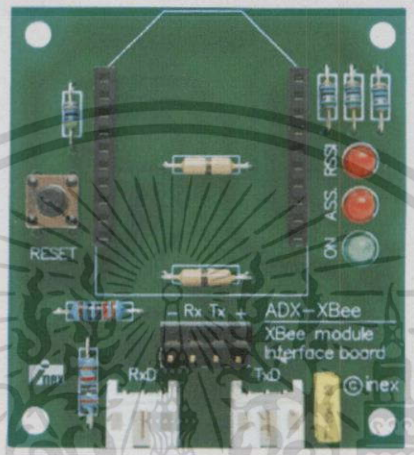


รูปที่ 3.5 โครงสร้างของ ซิกบี ยูเอสบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 การสื่อสารระหว่างซิกบีกับไมโครคอนโทรลเลอร์

การสื่อสารของส่วนนี้ทางโครงงานได้เลือกใช้ ADX-Xbee 5V ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งมีจุดต่อขาพอร์ต TxD และ RxD สำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกับโมดูล Xbee-Pro ได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น ซึ่งใน ADX-Xbee 5V ยังมีแอลอีดี (LED) แสดงสถานะความพร้อมในการสื่อสาร รวมถึงสถานะการรับส่งข้อมูลด้วย



รูปที่ 3.6 ADX-Xbee 5V

3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

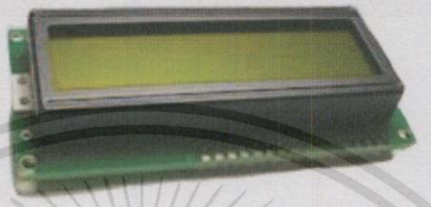
ในการส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สายจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่คอยจัดเก็บและแยกข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ผ่านซิกบี เพื่อทำการประมวลผลและแจกจ่ายข้อมูลให้จอแสดงผลแต่ละตัว สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้บอร์ดสำเร็จรูป Arduino Uno R3 ซึ่งมี ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmage328 เป็นตัวประมวลผล

รูปที่ 3.7 Arduino Uno R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 จอแสดงผลแอลซีดีแบบตัวอักษร

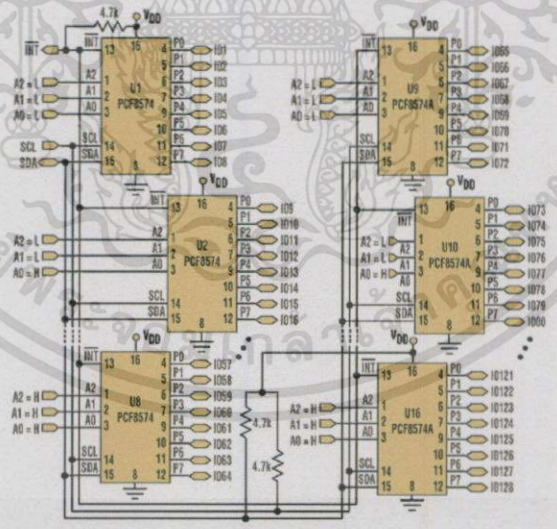
จอแสดงผลแอลซีดี คือหน่วยแสดงผลโมดูลแอลซีดี (Liquid Crystal Display Module) หรือหน่วยแสดงผลแบบผลึกเหลวโดยโมดูลแอลซีดี มี 2 ชนิด คือแบบตัวอักษร และแบบกราฟฟิกสำหรับโครงงานนี้เลือกใช้จอแสดงผลแอลซีดีแบบตัวอักษร ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 จอแสดงผลแอลซีดีแบบตัวอักษร

3.2.3.1 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล

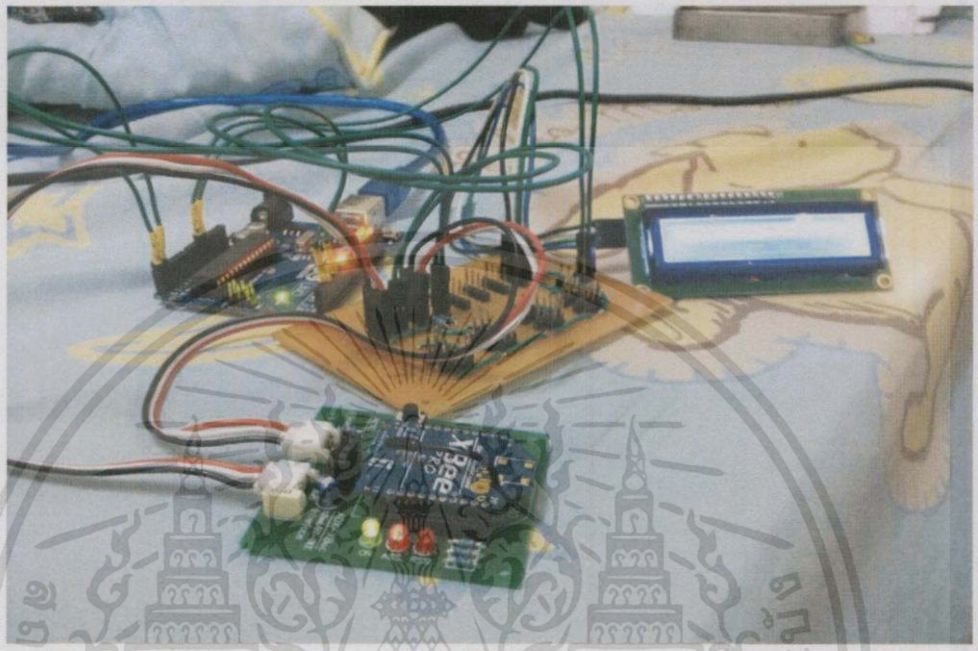
ในโครงงานนี้เลือกการเชื่อมต่อแบบบัสข้อมูล I^2C เพื่อลดความยาวสายในการเชื่อมต่อให้เหลือเพียง 2 สายเท่านั้น โดยทำการกำหนดแอดเดรสของจอแสดงผล ผ่านไอซี PCF8574A ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การกำหนดแอดเดรสผ่าน PCF8574A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดแอดเดรสของจอแสดงผลทำให้สามารถเชื่อมต่อแอลซีดีหลาย ๆ ตัวได้ โดยผ่านพอร์ตเอาต์พุตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น จึงเหมาะกับการใช้งานในโครงงานและประหยัดการเชื่อมต่อสาย โดยโครงงานนี้เลือกใช้ LCD Serial ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.10



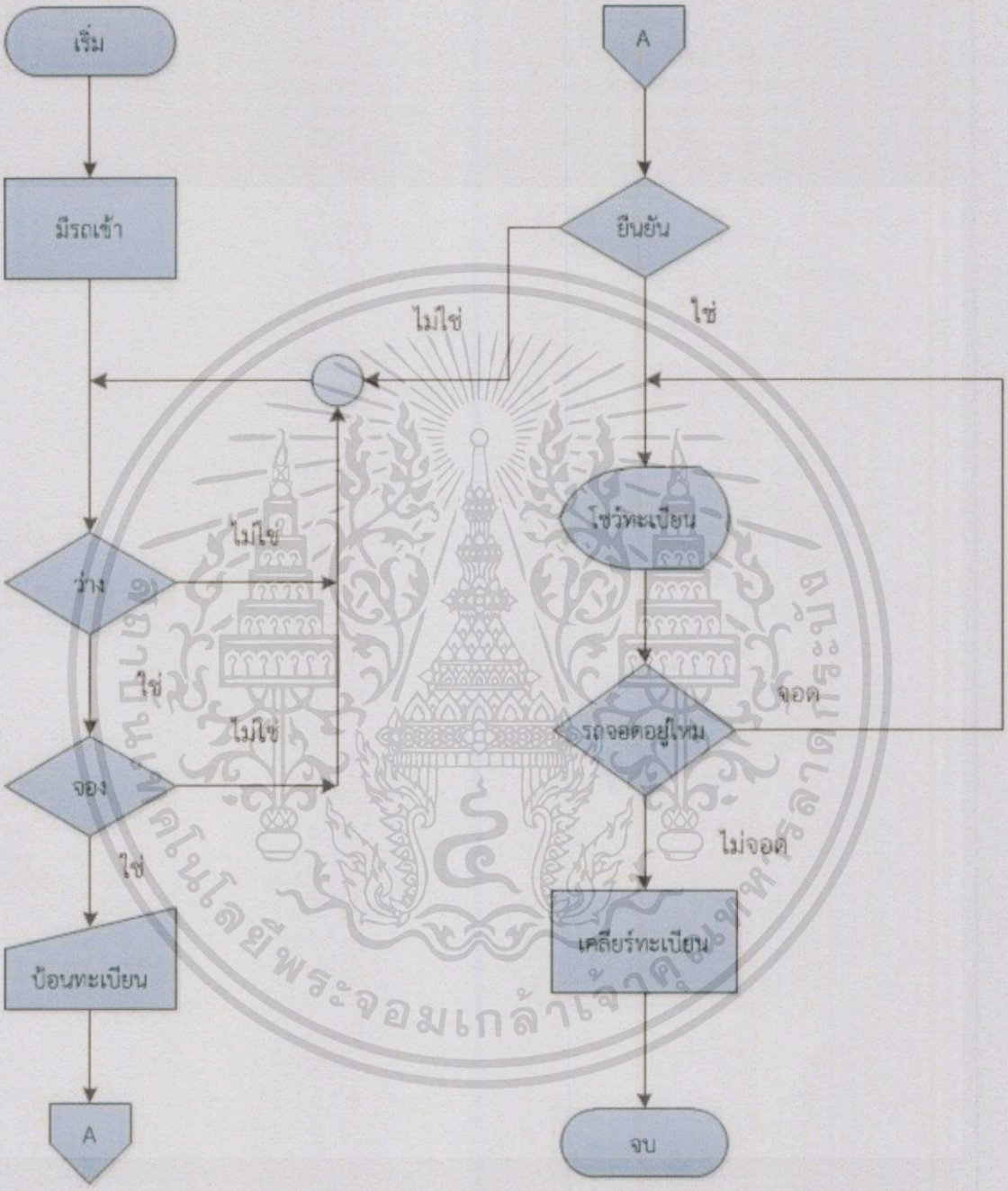
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี

3.3 ขั้นตอนการออกแบบ

3.3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่น

โครงงานนี้เป็นการออกแบบหน้าจอการทำงานให้ใช้งานร่วมกับลานจอดรถอัจฉริยะ โดยสามารถอธิบายการทำงานของระบบ ในรูปที่ 3.11 จากแผงผังการทำงานเมื่อมีรถเข้ามา ผู้ใช้สามารถทราบตำแหน่งของลานจอดรถว่าในขณะนั้นมีตำแหน่งใดว่างอยู่บ้าง ซึ่งในตำแหน่งที่ว่างผู้ใช้สามารถเลือกและทำการกดจองได้ว่าต้องการจอดรถตำแหน่งไหน เมื่อผู้ใช้กดจองแล้ว จะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาให้ผู้ใช้ใส่ทะเบียนรถ จากนั้นเมื่อกดยืนยันการจอง ข้อมูลทะเบียนที่กรอกไปในข้างต้นจะถูกแสดงบนป้ายแสดงข้อมูลที่ลานจอดรถและหน้าแอพพลิเคชั่น แต่หากผู้ใช้ทำการยกเลิก ก็จะเข้าสู่หน้าแอพพลิเคชั่นเดิมและสามารถจองที่จอดรถได้อีกครั้ง

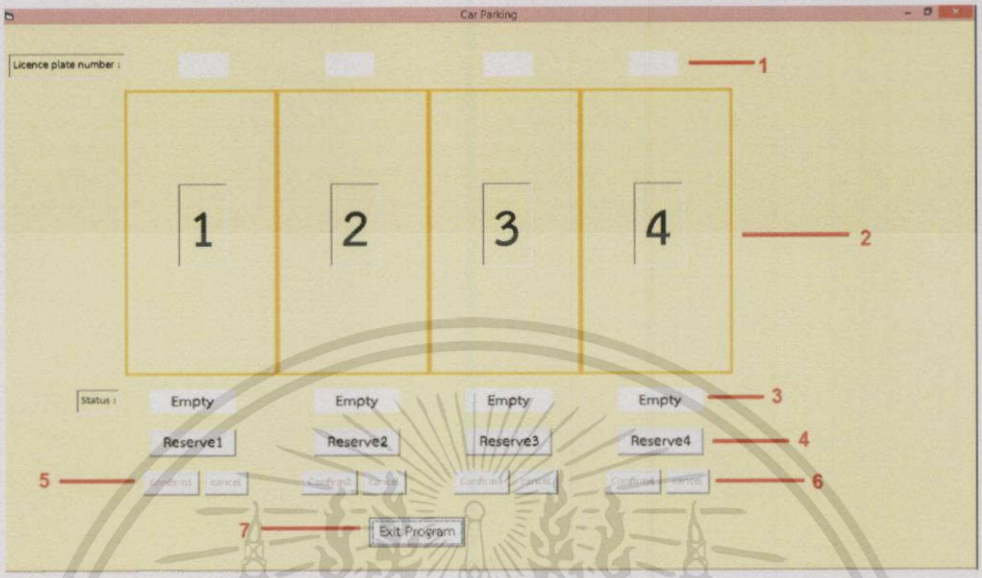
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การทำงานของแอพพลิเคชั่น

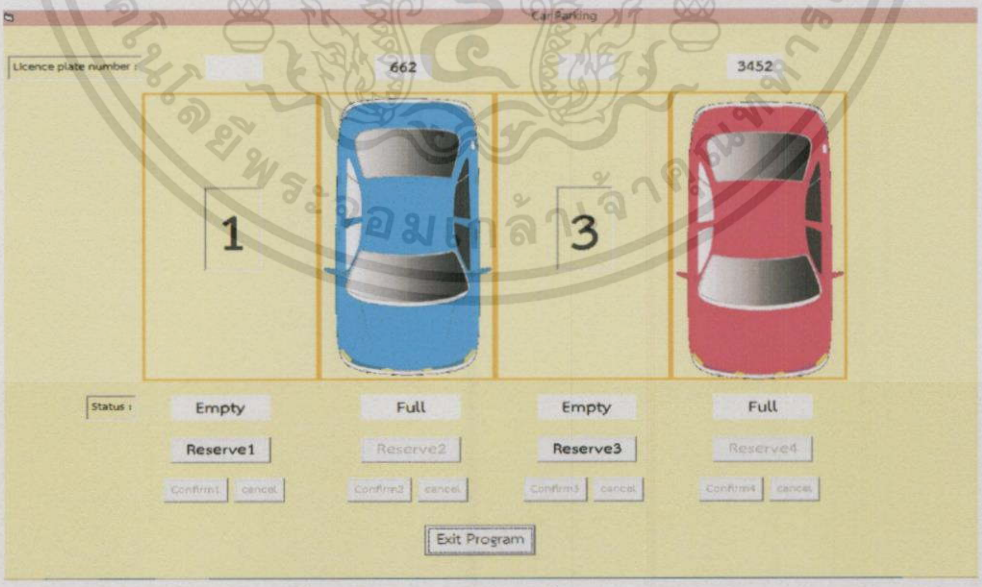
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบหน้าจอแอพพลิเคชั่นมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.12 หน้าจอแอพพลิเคชั่น

1. ช่องแสดงทะเบียนเมื่อมีรถเข้ามาจอง
2. ช่องแสดงที่ว่างในลานจอดรถ ในกรณีที่ไม่มีรถเข้ามาจอดจะแสดงดังรูปที่ 3.12 แต่ถ้าในกรณีที่มีรถเข้ามาจอด จะแสดงดังรูปที่ 3.13

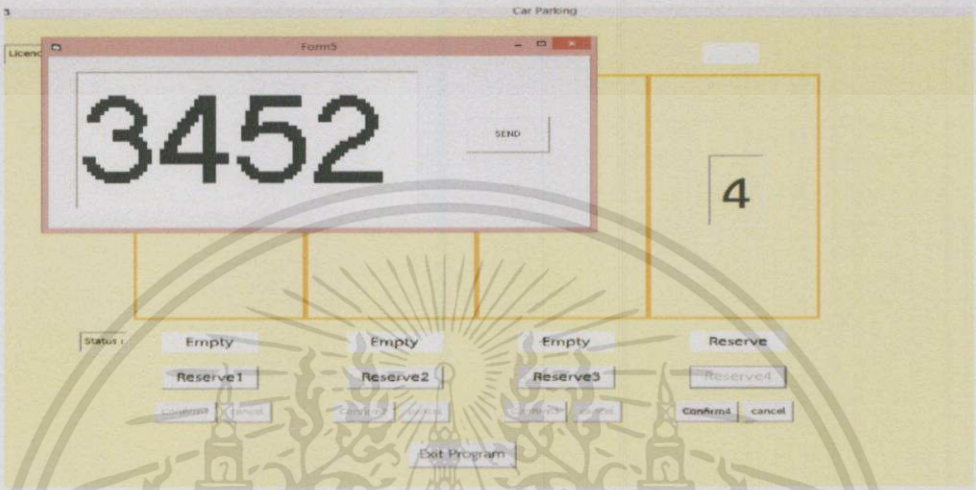


รูปที่ 3.13 หน้าจอแสดงเมื่อมีรถเข้ามาจอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

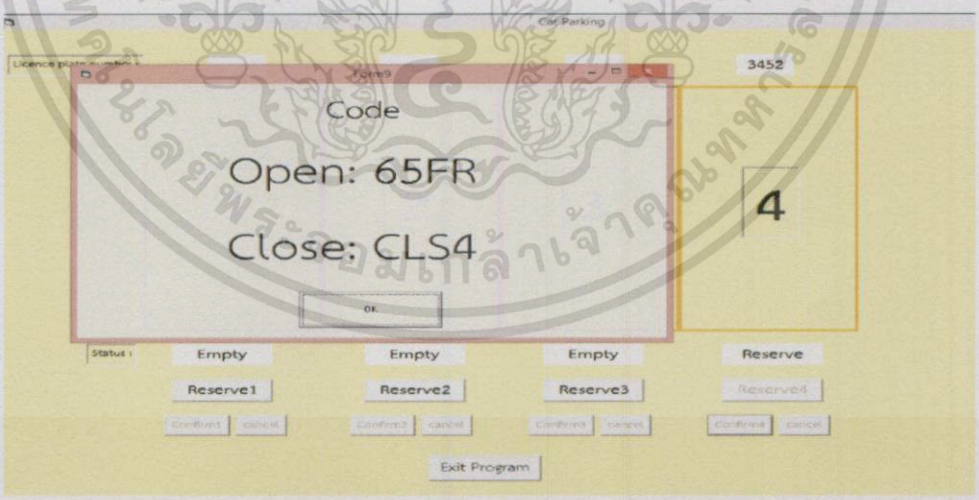
3. ช่องแสดงว่าในขณะนั้นรถว่างหรือเต็มอยู่ โดยรถว่างจะขึ้น “Empty” หรือมีรถเข้ามาจอดจะขึ้น “Full” ดังรูปที่ 3.13

4. ปุ่ม“Reserve” ในปุ่มนี้เมื่อผู้ใช้ทำการกด จะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมา เพื่อทำการใส่ทะเบียน ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การกดจองและการใส่ทะเบียน

5. ปุ่ม “Confirm” ในปุ่มนี้ เป็นการยืนยันการจองที่จอดรถ เมื่อกดปุ่มนี้แล้ว จะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมา เพื่อนำรหัสนี้ไปใช้ ตอนเข้าไปจอดในลานจอดรถ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 หน้าต่างแสดงรหัสการเปิดปิดที่จอดรถ

6 ปุ่ม “Cancel” ปุ่มนี้ไว้กดเมื่อผู้ใช้ต้องการยกเลิกในขณะที่จองไปแล้ว แต่ยังไม่ได้กดยืนยันไป เมื่อกดปุ่มนี้ ช่องแสดงทะเบียนจะเคลียร์ทะเบียนที่กดจอดไปด้วย

7 ปุ่ม “Exit Program” ปุ่มนี้มีไว้เมื่อต้องการสิ้นสุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบลานจอดรถ

โครงงานนี้ได้นำป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สายไปประยุกต์กับโครงงานลานจอดรถอัจฉริยะ โดยโครงงานนี้รับผิดชอบเพียงการทำหลังคาเพื่อติดตั้งแอลซีดี ดังแสดงในรูปที่ 3.16

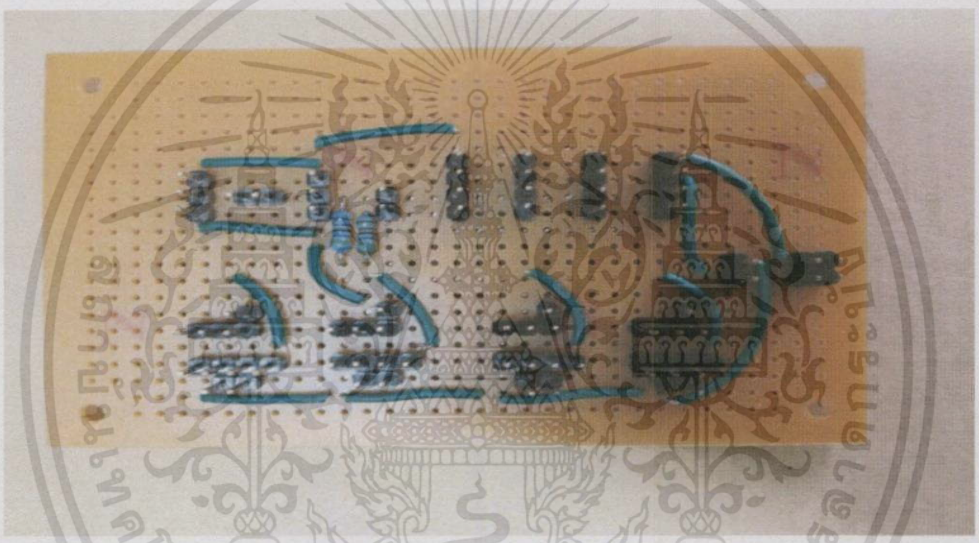
รูปที่ 3.16 โมเดลลานจอดรถ

รูปที่ 3.17 ตำแหน่งการรับข้อมูลของซิกบีภาครับ

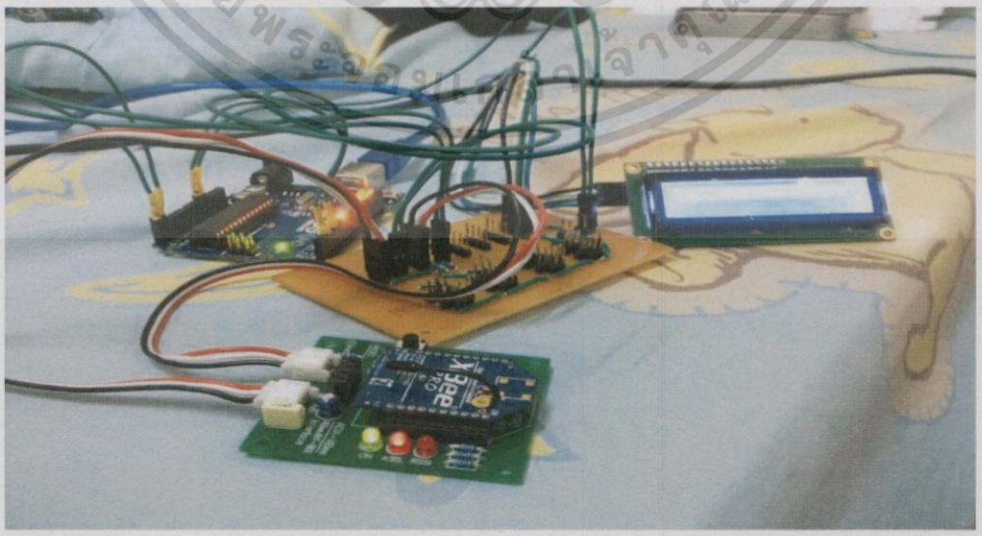
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบวงจรในส่วนของภาครับ

วงจรในส่วนของภาครับ แสดงในรูปที่ 3.18 โดยในการออกแบบนั้นจะต้องมีขาไว้สื่อสารทั้งหมด 6 ขา ซึ่งมีขา TxD และ RxD เพื่อไว้สื่อสารกับซิกบีภาครับกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และขา SDA SCL เพื่อรับส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังแอลซีดี ส่วนอีก 2 ขาที่เหลือนั้นเป็นขาไฟและกราวด์ จากรูปแบบการสื่อสารแบบบัสข้อมูล I^2C นั้น จะต้องมีการต่อตัวต้านทานแบบพูลอัพ เพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ โดยในโครงงานนี้ใช้ตัวต้านทาน 4.7kΩ และในส่วนของการจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ไม่สามารถเอาไฟมาจากคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง เพราะการสื่อสารแบบไร้สาย จึงจำเป็นต้องสร้างแหล่งจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรเลอร์ โดยทำการต่อไฟกับอะแดปเตอร์เพื่อแปลงแรงดันจากไฟสลับเป็นไฟกระแสตรง เพื่อทำการจ่ายไฟให้กับวงจร



รูปที่ 3.18 วงจรภาครับ



รูปที่ 3.19 การต่อวงจรภาครับกับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของโครงงานนี้เป็นการทดลองการสื่อสารของซิกบีและการนำไปประยุกต์ใช้ในโครงงานลานจอดรถอัจฉริยะ จึงทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ

4.1 การสื่อสารระหว่างซิกบี

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองติดต่อสื่อสารระหว่างซิกบีภาครับและภาคส่ง ดังรูปที่ 4.1 โดยทำการทดลองส่งค่าจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง ในระยะทางต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การสื่อสารระหว่างซิกบี

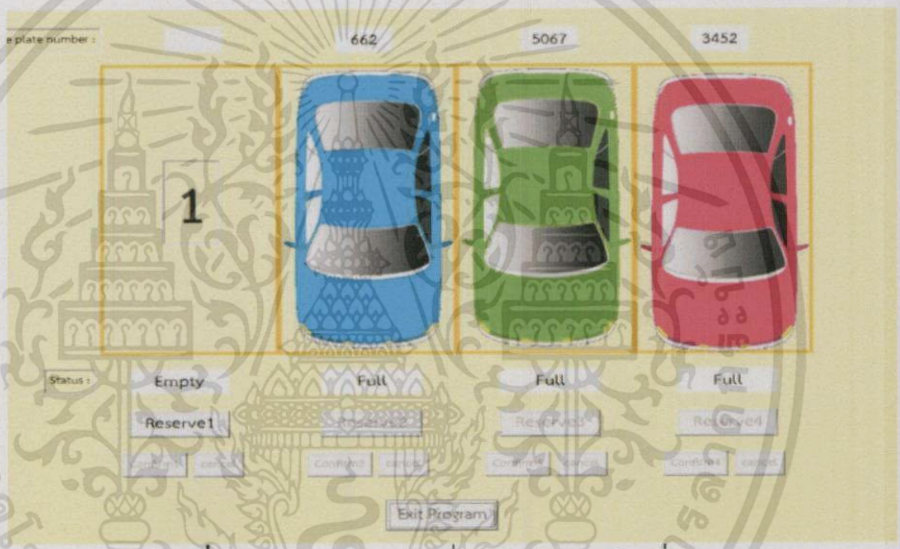
ตารางที่ 4.1 ผลการสื่อสารของซิกบีในระยะต่างๆ

ระยะที่ทำการส่ง (เมตร)	เวลาที่ซิกบีภาครับรับได้ (วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
5	1.1	0.9	0.8	1.2
10	1.0	1.1	1.0	1.1
20	1.3	1.5	1.6	1.4
30	1.2	1.4	1.3	1.1
40	1.4	1.6	1.4	1.2
50	2.3	2.0	2.2	1.4

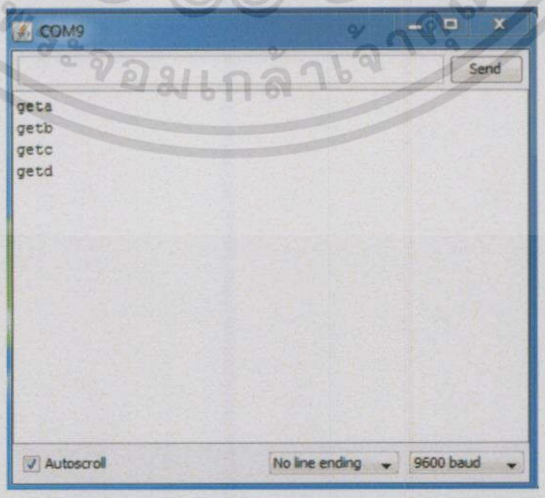
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทำงานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอพพลิเคชั่น

การส่งข้อมูลจากซิกบีไปยังแอลซีดีจะต้องทำการระบุตำแหน่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ก่อนว่าเราจะต้องการส่งไปยังแอลซีดีตัวไหน ซึ่งในการทดลองนี้ ทำการทดลองโดยการกดจองบนหน้าแอพพลิเคชั่นในช่องที่ 1 ช่องที่ 2 ช่องที่ 3 และช่องที่ 4 ดังรูปที่ 4.2 เมื่อทำการกดจอง ซิกบีจะส่งข้อมูลมาประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลยังจอแอลซีดีเพื่อแสดงค่าที่ได้รับมา เช่น ถ้ากดจองช่องที่ 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผลของโปรแกรม ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งทำให้รู้ว่าในขณะนั้นมีการจองช่องที่ 1 นั้นเอง เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รู้แล้วว่าตอนนี้มีการจองอยู่ที่ช่อง 1 ถ้ามีการส่งข้อมูลมาอีกครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี



รูปที่ 4.2 การกดจองช่องที่ 1 ผ่านแอพพลิเคชั่น



รูปที่ 4.3 การส่งข้อมูลการจองผ่านหน้าจอแสดงผล

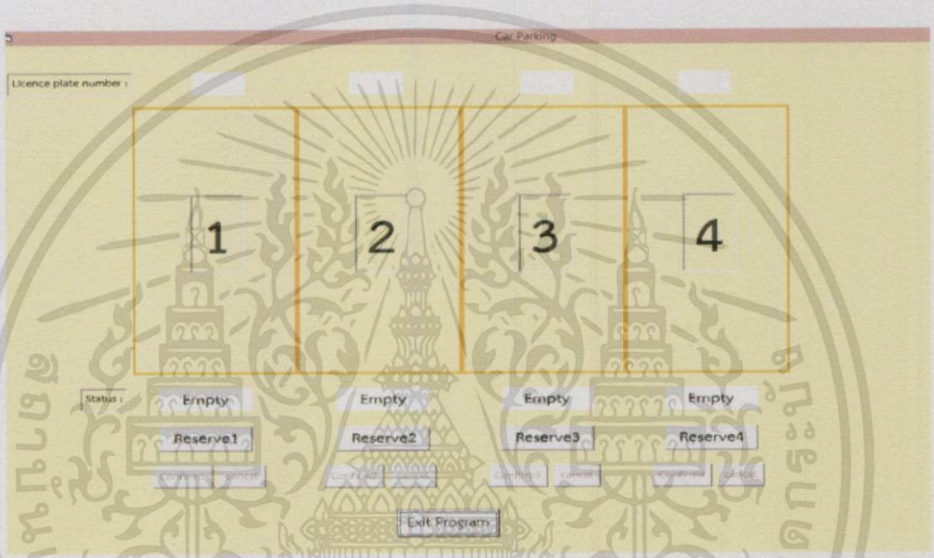
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทำงานของแอพพลิเคชั่นและโมเดลลานจอดรถ

การทำงานของแอพพลิเคชั่นและโมเดลลานจอดรถสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณีดังนี้

4.3.1 ขณะที่ไม่มีรถจอง

หน้าแอพพลิเคชั่นจะแสดงดังรูปที่ 4.4 จะเห็นว่ามีปุ่มกด "Reserve" เพื่อทำการจอง และปุ่ม "Exit" เพื่อปิดโปรแกรมเท่านั้นที่สามารถกดได้ สำหรับปุ่มกด “Send” และ “Cancel” จะไม่สามารถกดได้ ส่วนในโมเดลลานจอดรถจะแสดงการเตรียมพร้อมของหน้าจอแอลซีดี ซึ่งบอกว่าช่องไหนเป็นช่องที่ 1 ไปจนถึงช่องที่ 4 ดังรูปที่ 4.5



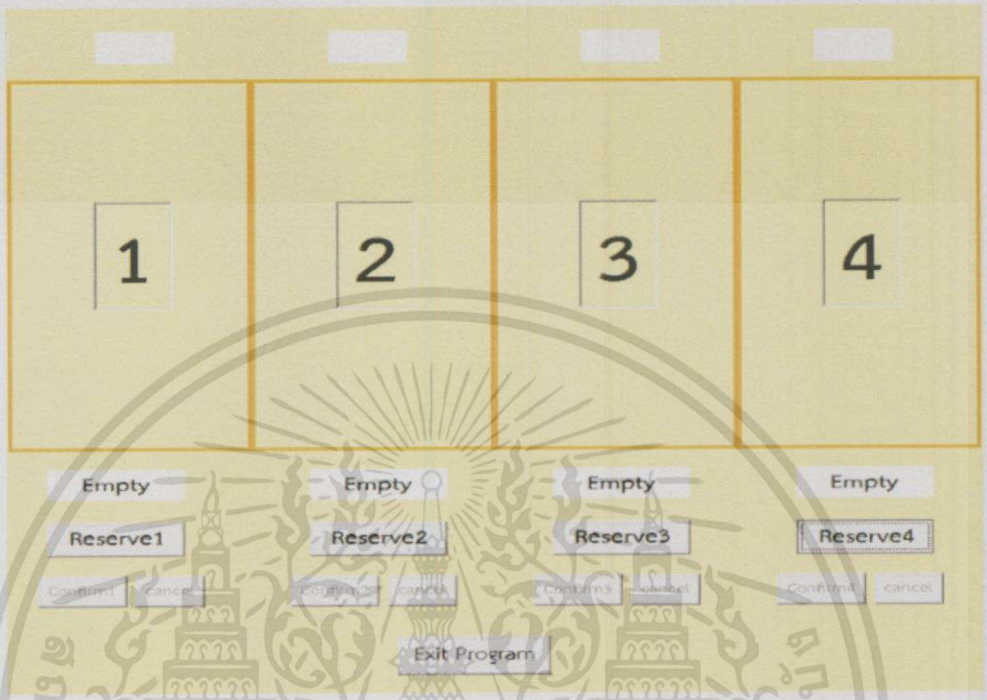
รูปที่ 4.4 หน้าแอพพลิเคชั่นในขณะไม่มีรถ

รูปที่ 4.5 โมเดลลานจอดรถขณะไม่มีรถเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

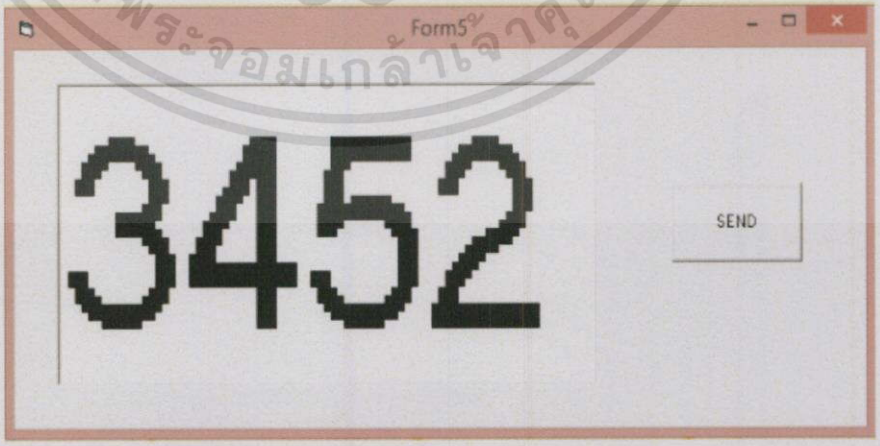
4.3.2 มีรถเข้ามาจอง

เมื่อผู้ใช้เข้ามายังลานจอดรถจะทำการกดจองในลานจอดรถ ตามช่องที่ว่างดังรูปที่ 4.6



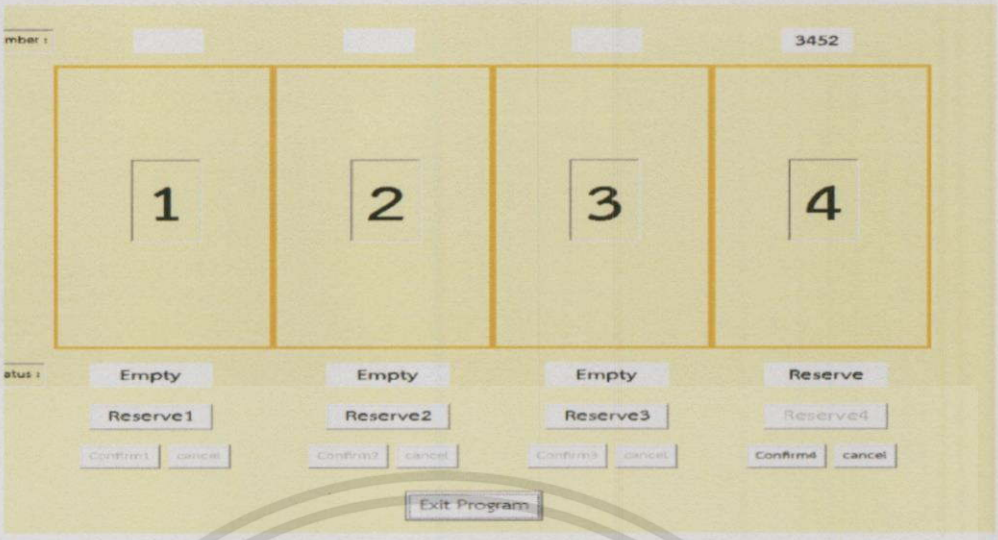
รูปที่ 4.6 การกดจองลานจอดรถ

เมื่อกดจองแล้ว สถานะของช่องจองจะเปลี่ยนจาก "Empty" เป็น "Reserve" และจะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมาเพื่อให้ใส่ทะเบียน ผู้ใช้จะทำการใส่เลขทะเบียน ดังรูปที่ 4.7 จากนั้นเลขทะเบียนจะไปปรากฏบนหน้าแอพพลิเคชั่น ดังรูปที่ 4.8



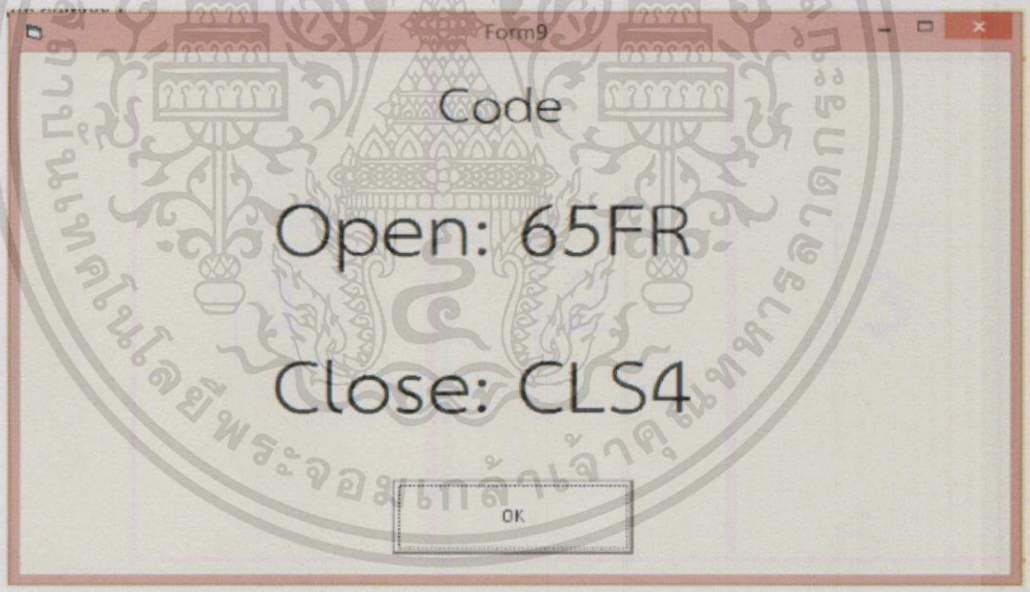
รูปที่ 4.7 ช่องใส่ทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 เลขทะเบียนปรากฏบนหน้าแอพพลิเคชั่นที่จองไว้

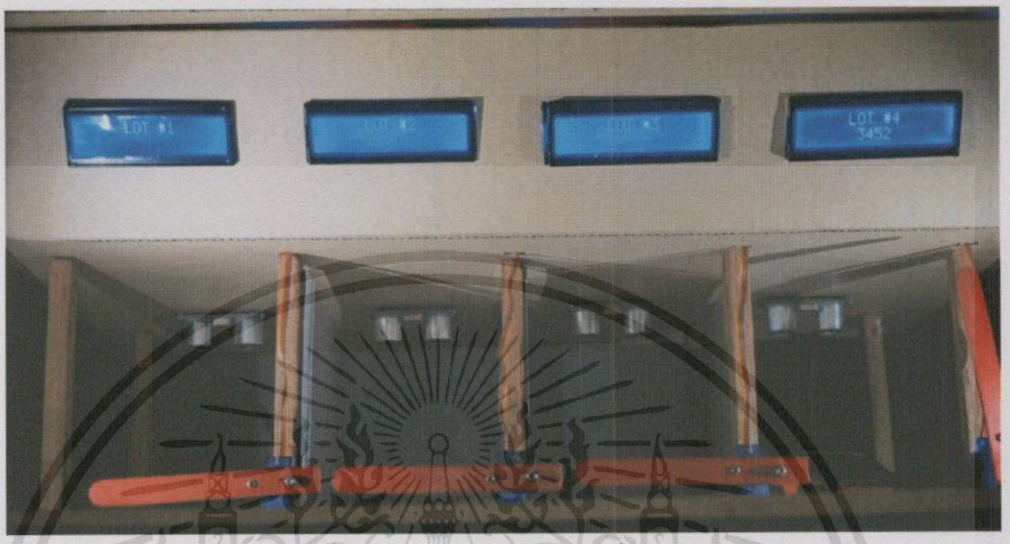
ถ้าผู้ใช้ต้องการที่จะจองช่องนี้ ให้ทำการกดยืนยัน จากนั้นจะมีหน้าต่างปรากฏขึ้นมา บอกรหัสเข้าและออกในลานจอดรถ (โครงงานลานจอดรถอัจฉริยะ) ดังรูปที่ 4.9



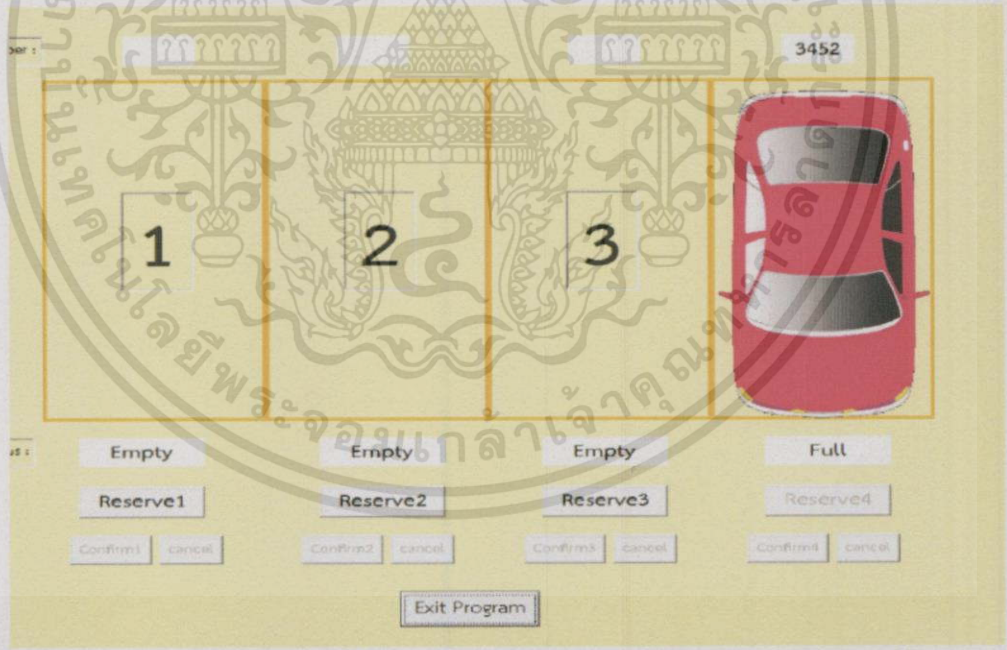
รูปที่ 4.9 รหัสการเข้าออกลานจอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าผู้ใช้กดยืนยันแล้ว เลขทะเบียนจะไปปรากฏบนหน้าจอแอลซีดีที่โมเดล ดังรูปที่ 4.10 และถ้ามีรถเข้ามาจอดบนหน้าจอแอพพลิเคชั่นจะปรากฏรูปรถขึ้น และเปลี่ยนจาก “Reserve” เป็น “Full” ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 แสดงทะเบียนรถเมื่อกดยืนยัน

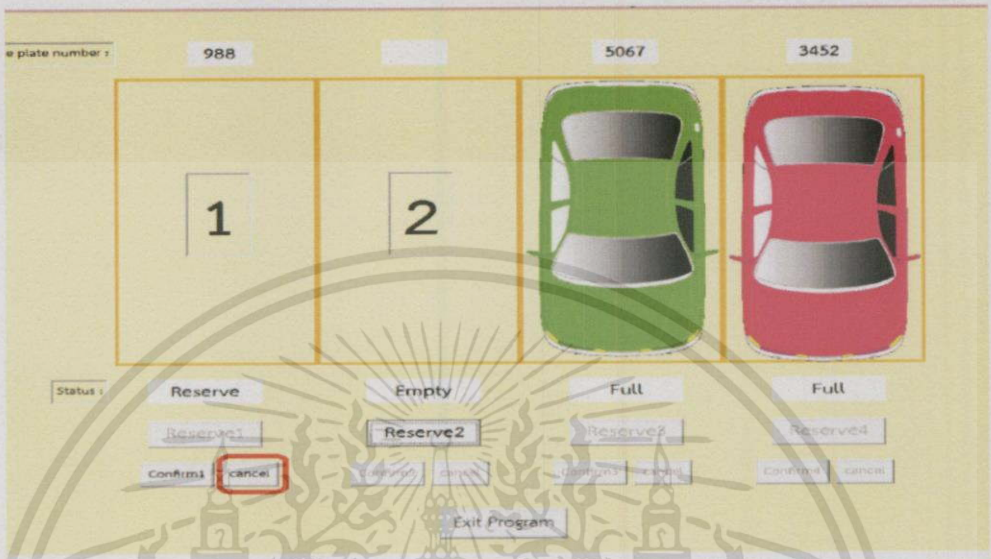


รูปที่ 4.11 หน้าแอพพลิเคชั่นแสดงเมื่อมีรถเข้ามาจอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 มีการกดจองและยกเลิกการจอง

ผู้ใช้ทำการกดจองลานจอดรถไปแล้ว แต่ถ้าผู้ใช้ต้องการเลือกจองช่องใหม่ ผู้ใช้สามารถกดปุ่มยกเลิกได้ ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แอพพลิเคชั่นแสดงการกดยกเลิก

เมื่อกดยกเลิกไปแล้ว หน้าจอแอพพลิเคชั่นจะขึ้นให้กดปุ่มจอง “Reserve1” ได้อีกครั้ง ดังรูปที่ 4.13 และถ้าผู้ใช้ต้องการที่จะจองใหม่ ก็สามารถที่จะกดจองได้

รูปที่ 4.13 หน้าแอพพลิเคชั่นหลังจากกดปุ่มยกเลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองใช้งานป้ายแสดงข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้การติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายผ่านซิกบี จะเห็นว่าในการส่งข้อมูลไปยังภาครับในระยะใกล้ ๆ นั้น ข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้องและรวดเร็ว แต่เมื่อมีระยะไกลมากขึ้น การรับส่งข้อมูลเกิดความล้าช้ากว่าการรับส่งข้อมูลจากระยะใกล้ ๆ ส่วนผลการทำงานระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์กับแอพพลิเคชั่นนั้น สามารถรับข้อมูลและสามารถแสดงข้อมูลตามเงื่อนไขได้ถูกต้อง สำหรับการนำไปประยุกต์งานกับลานจอดรถอัจฉริยะนั้น ก็สามารถใช้งานได้ดี ซึ่งสามารถส่งข้อมูลจากแอพพลิเคชั่นไปยังแอลซีดีบนลานจอดรถอัจฉริยะได้ และมีความถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการดำเนินงาน

5.2 สรุปผลการทดลอง

ในส่วนของการทดลองแรก เป็นการทดลองการติดต่อสื่อสารข้อมูลโดยผ่านซิกบีพบว่า สามารถรับส่งข้อมูลได้แม่นยำ แต่เมื่อระยะไกลขึ้นข้อมูลที่ส่งจะช้าลง ซึ่งเกิดมาจากลมและสัญญาณแบบไร้สายเข้ามารบกวนเพราะสัญญาณแบบไร้สายมีคลื่นความถี่เดียวกันกับซิกบี จึงทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีความล้าช้าไป

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองการทำงานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอพพลิเคชั่นซึ่งผลการทดลองในส่วนนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลการรับส่งข้อมูลและแสดงข้อมูลตามที่กำหนดเงื่อนไขไว้ได้

การทดลองในส่วนสุดท้ายเป็นการทดลองประยุกต์ใช้งานจริง ซึ่งเป็นการทำงานของแอพพลิเคชั่นร่วมกับโมเดลลานจอดรถ โดยเมื่อป้อนข้อมูลเข้าไปนั้น ซิกบีภาคส่งสามารถส่งค่าไปยังภาครับ และไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลพร้อมทั้งส่งค่าไปแสดงบนหน้าจอแสดงผลแอลซีดีในแต่ละตัวได้อย่างถูกต้อง โดยข้อมูลที่จอแสดงผลแอลซีดีจะได้รับนั้นมีค่าที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุปผลการดำเนินงาน

1. สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างซิกบีภาคส่งและซิกบีภาครับได้

2. สามารถส่งข้อมูลจากหน้าจอแอพพลิเคชั่นไปยังภาครับเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลได้

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถประมวลผลและส่งค่าไปยังจอแสดงผลแอลซีดีหลาย ๆ ตัวได้ โดยค่าที่ได้รับมีความแตกต่างกัน

5.4 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. การเขียนโปรแกรมในการรับค่าจากคอมพิวเตอร์เพื่อส่งไปยังซิกบีนั้นทำได้ยาก เนื่องจากไม่มีความรู้พื้นฐานในการเขียน

2. ขณะทำการทดลองมีสัญญาณรบกวน ทำให้ซิกบีไม่สามารถรับส่งค่าได้ในบางครั้ง

3. เนื่องจากไม่มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการสื่อสาร ทำให้ในตอนแรกมีปัญหากับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละตัว

4. จะต้องส่งค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ (โครงงานลานจอดรถ) มายังแอพพลิเคชั่นโดยผ่านระบบไร้สาย

5.5 แนวทางการแก้ไขปัญหา

1. ศึกษาการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้ในการทำโครงงานเพิ่มเติม

2. ศึกษาข้อมูล จำพวกมาตรฐานการสื่อสารเพิ่มเติม เพื่อนำมาประยุกต์ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในโครงงาน

5.6 แนวทางปรับปรุงและพัฒนาโครงงาน

1. สามารถนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้กับการรับส่งข้อมูลอย่างอื่นได้

2. พัฒนาแอพพลิเคชั่นของระบบการจองลานจอดรถให้ใช้งานสะดวกมากขึ้น และนำไปติดตั้งบนคอมพิวเตอร์ตัวอื่นได้

3. สามารถนำไปประยุกต์กับลานจอดรถที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีทางเข้าหลาย ๆ ทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] "Arduino Uno." [Online]. Available : http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno #.UwNM3ZXNtY0. 2013

[2] "Xbee Basic Configuration in Network Application." [Online]. Available : http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html. 2013

[3] "การใช้งานไอซีPCF8574 / PCF8574A สร้างพอร์ตI/O ขนาด8 บิตให้ Arduino." [Online]. Available : http://www.ee.kmutnb.ac.th/eerobot/esl/learning/index.php?article=pcf8574a-i2c. 2013

[4] กิตติ แก้วคำ, ชาญกิจ เลิศเจริญ และชินกร บุณเรือง. "เป้ายิงปืนบีบีแสดงผลแบบไร้สาย" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2553

[5] "จอแสดงผลแบบ LCD." [Online]. Available : http://www.kknic.ac.th/~kkvisart_poon/Webpage/wachira/htdoc/less_5/coltron%20LCD.pdf. 2013

[6] จักรี กฤษณะเศรณี, ชนาที ธรรมกิจ และชวิศ ภมรานนท์. "ระบบควบคุมไฟบ้านแบบไร้สาย" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2554

[7] รวม MODULE RF ส่งข้อมูลไร้สายสุดฮิตกับ PIC16F877 : 8951.multiply.com

[8] "เริ่มต้นการใช้งาน Visaul Basic 6." [Online]. Available : http://it.e-tech.ac.th/poohdevil/VBstart.htm. 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรมการประมวลผลภาพและโปรแกรมควบคุม

ก.1 โปรแกรมควบคุมแอลซีดี และเซนเซอร์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

```
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x23, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
LiquidCrystal_I2C lcd2(0x25, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
LiquidCrystal_I2C lcd3(0x26, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
LiquidCrystal_I2C lcd4(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
uint8_tpinRx = 2 , pinTx = 4; //rx4,tx2
longBaudRate = 9600 , sysTick = 0;
charmydata = 0,mydata2 =0;
#define trigpin1 A0
#define echopin1 A1
#define trigpin2 A2
#define echopin2 A3
#define trigpin3 7
#define echopin3 8
#define trigpin4 12
#define echopin4 13
SoftwareSerialmySerial(pinRx , pinTx );

void setup()
{
Serial.begin(BaudRate);
pinMode(trigpin1,OUTPUT);
pinMode(echopin1,INPUT);
pinMode(trigpin2,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pinMode(echopin2,INPUT);
pinMode(trigpin3,OUTPUT);
pinMode(echopin3,INPUT);
pinMode(trigpin4,OUTPUT);
pinMode(echopin4,INPUT);

mySerial.begin(BaudRate);
mySerial.println("Powered by NewSoftSerial !");

lcd1.begin(16,2);
lcd1.clear();
lcd1.backlight();
lcd1.setCursor(5, 0);
lcd1.print("LOT #1 ");
lcd1.setCursor(6, 1);

lcd2.begin(16,2);
lcd2.clear();
lcd2.backlight();
lcd2.setCursor(5, 0);
lcd2.print("LOT #2 ");
lcd2.setCursor(6, 1);

lcd3.begin(16,2);
lcd3.clear();
lcd3.backlight();
lcd3.setCursor(5, 0);
lcd3.print("LOT #3 ");
lcd3.setCursor(6, 1);

lcd4.begin(16,2);
lcd4.clear();
lcd4.backlight();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcd4.setCursor(5, 0);
lcd4.print("LOT #4 ");
lcd4.setCursor(6, 1);
}

void loop()
{
sysTick++ ; // a system timer
/* //for debug
Serial.print("Xbee Timer :");
Serial.println(sysTick);
mySerial.print("Xbee Timer :");
mySerial.println(sysTick);
*/
// Monitor Rx from PC , if the data is available then read
// it to "GotChar".   Then ask XBee send the data out
// wirelessly.
long duration1, distance1, duration2, distance2, duration3, distance3, duration4,
distance4;
digitalWrite(trigpin1,LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigpin1,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigpin1,LOW);
  duration1 = pulseIn(echopin1, HIGH);
  distance1 = duration1/58.2;

digitalWrite(trigpin2,LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigpin2,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigpin2,LOW);
  duration2 = pulseIn(echopin2, HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  distance2 = duration2/58.2;

digitalWrite(trigpin3,LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigpin3,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigpin3,LOW);
  duration3 = pulseIn(echopin3, HIGH);
  distance3 = duration3/58.2;

digitalWrite(trigpin4,LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigpin4,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigpin4,LOW);
  duration4 = pulseIn(echopin4, HIGH);
  distance4 = duration4/58.2;

if (distance1<=7)
  {
mySerial.print('a');
mySerial.print(distance1);

  }
else
if (distance1>7)
  {
mySerial.print('b');
mySerial.print(distance1);

  }

if (distance2<=7)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 {
mySerial.print('c');

mySerial.print(distance2);
 }
else
if (distance2>7)
 {
mySerial.print('d');
mySerial.print(distance2);

 }

if (distance3<=7)
 {
mySerial.print('e');
mySerial.print(distance3);

 }
else
if (distance3>7)
 {
mySerial.print('f');
mySerial.print(distance3);

 }

if (distance4<=7)
 {
mySerial.print('g');
mySerial.println(distance4);

 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else
if (distance4>7)
 {
mySerial.print('h');
mySerial.println(distance4);

 }

delay(1000);

            if ( mySerial.available() ) {
            mydata = mySerial.read();
            delay(100);

                  if(mydata == 'i'){
                  lcd1.clear();
                  lcd1.setCursor(5, 0);
                  lcd1.print("LOT #1 ");
                  lcd1.setCursor(6, 1);
            Serial.println("geta");
            delay(10000);
                        while ( mySerial.available()>0 ) {
                              mydata2 = mySerial.read();
                  if(mydata2 == 'i'){
                  lcd1.clear();
                  lcd1.setCursor(5, 0);
                  lcd1.print("LOT #1 ");
                  lcd1.setCursor(6, 1); }
                  else
                  { lcd1.print(mydata2,byte(0));
                  }
      }
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if(mydata == 'j'){
            lcd2.clear();
            lcd2.setCursor(5, 0);
            lcd2.print("LOT #2 ");
            lcd2.setCursor(6, 1);
        Serial.println("getb");
        delay(10000);
            while ( mySerial.available()>0 ) {
                    mydata2 = mySerial.read();
            if(mydata2 == 'j'){
            lcd2.clear();
            lcd2.setCursor(5, 0);
            lcd2.print("LOT #2 ");
            lcd2.setCursor(6, 1); }
            else
            { lcd2.print(mydata2,byte(0));
    }
  }
}

            if(mydata == 'k'){
            lcd3.clear();
            lcd3.setCursor(5, 0);
            lcd3.print("LOT #3 ");
            lcd3.setCursor(6, 1);
        Serial.println("getc");
        delay(10000);
            while ( mySerial.available()>0 ) {
                    mydata2 = mySerial.read();
            if(mydata2 == 'k'){
            lcd3.clear();
            lcd3.setCursor(5, 0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcd3.print("LOT #3 ");
                lcd3.setCursor(6, 1); }
                else
                { lcd3.print(mydata2,byte(0));
                }
    }
  }


                if(mydata == 'm'){
                lcd4.clear();
                lcd4.setCursor(5, 0);
                lcd4.print("LOT #4 ");
                lcd4.setCursor(6, 1);
          Serial.println("getd");
          delay(10000);
                while ( mySerial.available()>0 ) {
                    mydata2 = mySerial.read();
                if(mydata2 == 'm'){
                lcd4.clear();
                lcd4.setCursor(5, 0);
                lcd4.print("LOT #4 ");
                lcd4.setCursor(6, 1); }
                else
                { lcd4.print(mydata2,byte(0));
                }
        }
         }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 โปรแกรมที่ใช้ในส่วนของแอพพลิเคชั่นสำหรับการจอง

- หน้าจอแอพพลิเคชั่น

```
Private Sub can1_Click()
lblsend.Caption = "i"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Command1.Enabled = True
confirm1.Enabled = False
can1.Enabled = False
Form2.E = ""
lb1.Caption = Form2.E
lbl_status(0).Caption = "Empty"
End Sub

Private Sub can2_Click()
lblsend.Caption = "j"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Command2.Enabled = True
confirm2.Enabled = False
can2.Enabled = False
Form3.F = ""
lb2.Caption = Form3.F
lbl_status(1).Caption = "Empty"
End Sub

Private Sub can3_Click()
lblsend.Caption = "k"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Command3.Enabled = True
confirm3.Enabled = False
can3.Enabled = False
Form4.G = ""
lb3.Caption = Form4.G
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lbl_status(2).Caption = "Empty"
End Sub

Private Sub can4_Click()
lblsend.Caption = "m"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Command4.Enabled = True
confirm4.Enabled = False
can4.Enabled = False
Form5.H = ""
lb4.Caption = Form5.H
lbl_status(3).Caption = "Empty"
End Sub

Private Sub cmd_EXIT_Click()
End
End Sub

Private Sub Command1_Click()
lbl_status(0).Caption = "Reserve"
lblsend.Caption = "i"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Form2.Show
Command1.Enabled = False
can1.Enabled = True
confirm1.Enabled = True
End Sub


Private Sub Command2_Click()
lbl_status(1).Caption = "Reserve"
lblsend.Caption = "j"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Form3.Show
Command2.Enabled = False
can2.Enabled = True
confirm2.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command3_Click()
lbl_status(2).Caption = "Reserve"
lblsend.Caption = "k"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Form4.Show
Command3.Enabled = False
can3.Enabled = True
confirm3.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command4_Click()
lbl_status(3).Caption = "Reserve"
lblsend.Caption = "m"
MSComm1.Output = lblsend.Caption
Form5.Show
Command4.Enabled = False
can4.Enabled = True
confirm4.Enabled = True
End Sub

Private Sub confirm1_Click()
"MsgBox "Code is 4562", , _
""Code"
Form6.Show
AA = Form2.E
MSComm1.Output = AA
confirm1.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
can1.Enabled = False
End Sub

Private Sub confirm2_Click()
Form7.Show
BB = Form3.F
MSComm1.Output = BB
confirm2.Enabled = False
can2.Enabled = False
End Sub

Private Sub confirm3_Click()
Form8.Show
CC = Form4.G
MSComm1.Output = CC
confirm3.Enabled = False
can3.Enabled = False
End Sub

Private Sub confirm4_Click()
Form9.Show
DD = Form5.H
MSComm1.Output = DD
confirm4.Enabled = False
can4.Enabled = False
End Sub

Private Sub Form_Activate()
lb1.Caption = Form2.E
lb1.Alignment = vbCenter
lb2.Caption = Form3.F
lb2.Alignment = vbCenter
lb3.Caption = Form4.G
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lb3.Alignment = vbCenter
lb4.Caption = Form5.H
lb4.Alignment = vbCenter
End Sub

Private Sub Form_Load()
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.InputLen = 1
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.CommPort = 4
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.DTREnable = False
can1.Enabled = False
confirm1.Enabled = False
can2.Enabled = False
confirm2.Enabled = False
can3.Enabled = False
confirm3.Enabled = False
can4.Enabled = False
confirm4.Enabled = False
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
MSComm1.PortOpen = False
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm()
If MSComm1.CommEvent = comEvReceive Then
Label1.Caption = MSComm1.Input
If Label1.Caption = "a" Then
Img_car(0).Visible = True
lbl_status(0).Caption = "Full"
ElseIf Label1.Caption = "b" Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Img_car(0).Visible = False
If lbl_status(0).Caption = "Full" Then
lbl_status(0).Caption = "Empty"
    If Img_car(0).Visible = False Then
    Form2.E = ""
    lb1.Caption = Form2.E
    End If
Command1.Enabled = True
End If

ElseIf Label1.Caption = "c" Then
Img_car(1).Visible = True
lbl_status(1).Caption = "Full"
ElseIf Label1.Caption = "d" Then
Img_car(1).Visible = False
If lbl_status(1).Caption = "Full" Then
lbl_status(1).Caption = "Empty"
    If Img_car(1).Visible = False Then
    Form3.F = ""
    lb2.Caption = Form3.F
    End If
Command2.Enabled = True
End If

ElseIf Label1.Caption = "e" Then
Img_car(2).Visible = True
lbl_status(2).Caption = "Full"
ElseIf Label1.Caption = "f" Then
Img_car(2).Visible = False
If lbl_status(2).Caption = "Full" Then
lbl_status(2).Caption = "Empty"
    If Img_car(2).Visible = False Then
    Form4.G = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    lb3.Caption = Form4.G
    End If
Command3.Enabled = True
End If

ElseIf Label1.Caption = "g" Then
Img_car(3).Visible = True
lbl_status(3).Caption = "Full"
ElseIf Label1.Caption = "h" Then
Img_car(3).Visible = False
If lbl_status(3).Caption = "Full" Then
lbl_status(3).Caption = "Empty"
    If Img_car(3).Visible = False Then
    Form5.H = ""
    lb4.Caption = Form5.H
    End If
Command4.Enabled = True
End If

End If
End If
End Sub
```

- หน้าจอสำหรับใส่เลขทะเบียนช่องที่ 1

```
Public E As String

Private Sub send1_Click()
E = data1.Text
Form2.Hide
End Sub

Private Sub data1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 send1_Click
ElseIfKeyAscii = 27 Then
 Form1.Show
 End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
data1.SetFocus
data1.Text = E
data1.Text = ""
End Sub

Private Sub data1_Change()
data1.Font.Size = 150
End Sub
```

- หน้าจอสำหรับใส่เลขทะเบียนช่องที่ 2

```
Public F As String

Private Sub send2_Click()
F = data2.Text
Form3.Hide
End Sub

Private Sub data2_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 send2_Click
ElseIfKeyAscii = 27 Then
 Form1.Show
 End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Form_Activate()
data2.SetFocus
data2.Text = F
data2.Text = ""
End Sub

Private Sub data2_Change()
data2.Font.Size = 150
End Sub
```

- หน้าจอสำหรับใส่เลขทะเบียนช่องที่ 3

```
Public G As String

Private Sub send3_Click()
G = data3.Text
Form4.Hide
End Sub

Private Sub data3_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 send3_Click
ElseIfKeyAscii = 27 Then
 Form1.Show
 End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
data3.SetFocus
data3.Text = G
data3.Text = ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub data3_Change()
data3.Font.Size = 150
End Sub
```

- หน้าจอสำหรับใส่เลขทะเบียนช่องที่ 4

```
Public H As String

Private Sub send4_Click()
H = data4.Text
Form5.Hide
End Sub

Private Sub data4_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 send4_Click
ElseIfKeyAscii = 27 Then
 Form1.Show
 End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
data4.SetFocus
data4.Text = H
data4.Text = ""
End Sub

Private Sub data4_Change()
data4.Font.Size = 150
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้าจอแสดงรหัสเข้าออกช่องที่ 1

```
Private Sub Command1_Click()
Form1.Show
Form6.Hide
End Sub

Private Sub Form_Load()
Label1.Font.Size = 60
Label1.Alignment = vbCenter
Label2.Font.Size = 60
Label2.Alignment = vbCenter
Label3.Font.Size = 40
Label3.Alignment = vbCenter
End Sub

Private Sub data1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 Command1_Click
 End If
End Sub
```

- หน้าจอแสดงรหัสเข้าออกช่องที่ 2

```
Private Sub Command3_Click()
Form1.Show
Form7.Hide
End Sub

Private Sub Form_Load()
Label1.Font.Size = 40
Label1.Alignment = vbCenter
Label2.Font.Size = 60
Label2.Alignment = vbCenter
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label3.Font.Size = 60
Label3.Alignment = vbCenter
Label2.Caption = "Open: 74KO"
Label3.Caption = "Close: CLS2"
End Sub

Private Sub data1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 Command3_Click
 End If
End Sub
```

- หน้าจอแสดงรหัสเข้าออกช่องที่ 3

```
Private Sub Command2_Click()
Form1.Show
Form8.Hide
End Sub

Private Sub Form_Load()
Label1.Font.Size = 40
Label1.Alignment = vbCenter
Label2.Font.Size = 60
Label2.Alignment = vbCenter
Label3.Font.Size = 60
Label3.Alignment = vbCenter
Label2.Caption = "Open: 98ED"
Label3.Caption = "Close: CLS3"
End Sub

Private Sub data1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Command2_Click
 End If
End Sub
```

- หน้าจอแสดงรหัสเข้าออกช่องที่ 4

```
Private Sub Command1_Click()
Form1.Show
Form9.Hide
End Sub

Private Sub Form_Load()
Label1.Font.Size = 40
Label1.Alignment = vbCenter
Label2.Font.Size = 60
Label2.Alignment = vbCenter
Label3.Font.Size = 60
Label3.Alignment = vbCenter
Label2.Caption = "Open: 65FR"
Label3.Caption = "Close: CLS4"
End Sub

Private Sub data1_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 13 Then
KeyAscii = 0
 Command1_Click
 End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

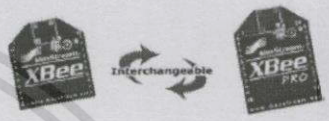
ภาคผนวก ข
เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งานซิกบี

1. XBee®/XBee-PRO® RF Modules

The XBee and XBee-PRO RF Modules were engineered to meet IEEE 802.15.4 standards and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are pin-for-pin compatible with each other.



Key Features

Long Range Data Integrity

XBee

- Indoor/Urban: up to 100' (30 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 300' (90 m)
- Transmit Power: 1 mW (0 dBm)
- Receiver Sensitivity: -92 dBm

XBee-PRO

- Indoor/Urban: up to 300' (90 m), 200' (60 m) for International variant
- Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1600 m), 2500' (750 m) for International variant
- Transmit Power: 63mW (18dBm), 10mW (10dBm) for International variant
- Receiver Sensitivity: -100 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

Advanced Networking & Security

Retries and Acknowledgements

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available

Source/Destination Addressing

Unicast & Broadcast Communications

Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported

Low Power

XBee

- TX Peak Current: 45 mA (@3.3 V)
- RX Current: 50 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10 µA

XBee-PRO

- TX Peak Current: 250mA (150mA for international variant)
- TX Peak Current (RPSMA module only): 340mA (180mA for international variant
- RX Current: 55 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10 µA

ADC and I/O line support

Analog-to-digital conversion, Digital I/O

I/O Line Passing

Easy-to-Use

No configuration necessary for out-of box RF communications

Free X-CTU Software (Testing and configuration software)

AT and API Command Modes for configuring module parameters

Extensive command set

Small form factor

Worldwide Acceptance

FCC Approval (USA) Refer to Appendix A [p64] for FCC Requirements. Systems that contain XBee®/XBee-PRO® RF Modules inherit Digi Certifications.

ISM (Industrial, Scientific & Medical) **2.4 GHz frequency band**

Manufactured under **ISO 9001:2000** registered standards

XBee®/XBee-PRO® RF Modules are optimized for use in the United States, Canada, Australia, Japan, and Europe. Contact Digi for complete list of government agency approvals.

© 2009 Digi International Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules

Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) International variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 µA	< 10 µA
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)*
Australia	C-Tick	C-Tick

* See Appendix A for region-specific certification requirements.

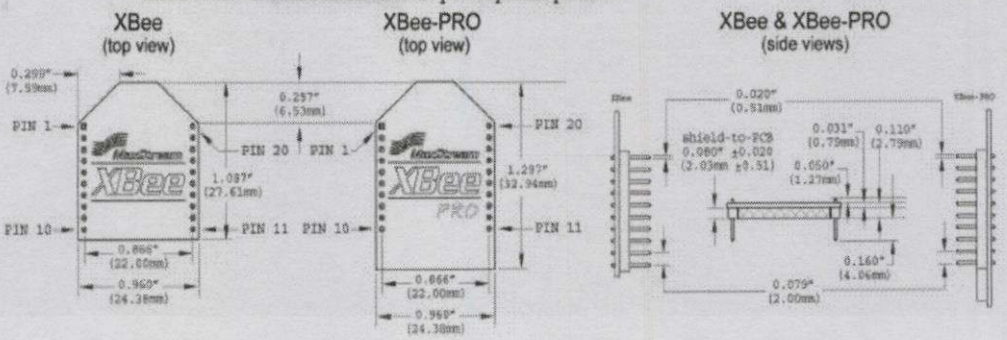
Antenna Options: The ranges specified are typical when using the integrated Whip (1.5 dBi) and Dipole (2.1 dBi) antennas. The Chip antenna option provides advantages in its form factor; however, it typically yields shorter range than the Whip and Dipole antenna options when transmitting outdoors.For more information, refer to the "XBee Antennas" Knowledgebase Article located on Digi's Support Web site

Mechanical Drawings

Figure 1-01. Mechanical drawings of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules (antenna options not shown)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The XBee and XBee-PRO RF Modules are pin-for-pin compatible.



Mounting Considerations

The XBee®/XBee-PRO® RF Module was designed to mount into a receptacle (socket) and therefore does not require any soldering when mounting it to a board. The XBee Development Kits contain RS-232 and USB interface boards which use two 20-pin receptacles to receive modules.

Figure 1-02. XBee Module Mounting to an RS-232 Interface Board.

The receptacles used on Digi development boards are manufactured by Century Interconnect. Several other manufacturers provide comparable mounting solutions; however, Digi currently uses the following receptacles:

- Through-hole single-row receptacles -
  Samtec P/N: MMS-110-01-L-SV (or equivalent)
- Surface-mount double-row receptacles -
  Century Interconnect P/N: CPRMSL20-D-0-1 (or equivalent)
- Surface-mount single-row receptacles -
  Samtec P/N: SMM-110-02-SM-S

Digi also recommends printing an outline of the module on the board to indicate the orientation the module should be mounted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Signals

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO® RF Module Pin Numbers
(top sides shown - shields on bottom)

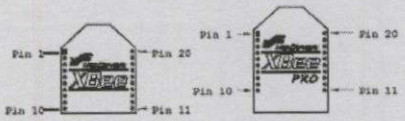


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules
(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / $\overline{\text{CONFIG}}$	Input	UART Data In
4	DIO8*	Output	Digital Output 8
5	$\overline{\text{RESET}}$	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	$\overline{\text{CTS}}$ / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / $\overline{\text{SLEEP}}$	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	$\overline{\text{RTS}}$ / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

* Function is not supported at the time of this release

Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k Ω pull-up resistor attached to $\overline{\text{RESET}}$
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. RF Module Operation

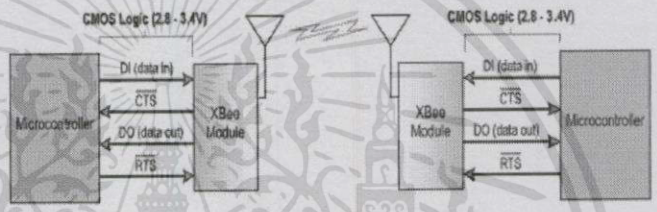
Serial Communications

The XBee®/XBee-PRO® RF Modules interface to a host device through a logic-level asynchronous serial port. Through its serial port, the module can communicate with any logic and voltage compatible UART; or through a level translator to any serial device (For example: Through a Digi proprietary RS-232 or USB interface board).

UART Data Flow

Devices that have a UART interface can connect directly to the pins of the RF module as shown in the figure below.

Figure 2-01. System Data Flow Diagram in a UART-interfaced environment
(Low-asserted signals distinguished with horizontal line over signal name.)

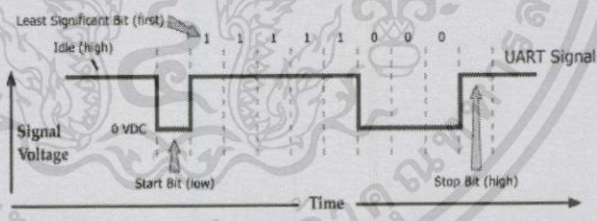


Serial Data

Data enters the module UART through the DI pin (pin 3) as an asynchronous serial signal. The signal should idle high when no data is being transmitted.

Each data byte consists of a start bit (low), 8 data bits (least significant bit first) and a stop bit (high). The following figure illustrates the serial bit pattern of data passing through the module.

Figure 2-02. UART data packet 0x1F (decimal number "31") as transmitted through the RF module
Example Data Format is 8-N-1 (bits - parity - # of stop bits)



Serial communications depend on the two UARTs (the microcontroller's and the RF module's) to be configured with compatible settings (baud rate, parity, start bits, stop bits, data bits).

The UART baud rate and parity settings on the XBee module can be configured with the BD and SB commands, respectively. See the command table in Chapter 3 for details.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transparent Operation

By default, XBee®/XBee-PRO® RF Modules operate in Transparent Mode. When operating in this mode, the modules act as a serial line replacement - all UART data received through the DI pin is queued up for RF transmission. When RF data is received, the data is sent out the DO pin.

Serial-to-RF Packetization

Data is buffered in the DI buffer until one of the following causes the data to be packetized and transmitted:

1. No serial characters are received for the amount of time determined by the RO (Packetization Timeout) parameter. If RO = 0, packetization begins when a character is received.
2. The maximum number of characters that will fit in an RF packet (100) is received.
3. The Command Mode Sequence (GT + CC + GT) is received. Any character buffered in the DI buffer before the sequence is transmitted.

If the module cannot immediately transmit (for instance, if it is already receiving RF data), the serial data is stored in the DI Buffer. The data is packetized and sent at any RO timeout or when 100 bytes (maximum packet size) are received.

If the DI buffer becomes full, hardware or software flow control must be implemented in order to prevent overflow (loss of data between the host and module).

API Operation

API (Application Programming Interface) Operation is an alternative to the default Transparent Operation. The frame-based API extends the level to which a host application can interact with the networking capabilities of the module.

When in API mode, all data entering and leaving the module is contained in frames that define operations or events within the module.

Transmit Data Frames (received through the DI pin (pin 3)) include:

- RF Transmit Data Frame
- Command Frame (equivalent to AT commands)

Receive Data Frames (sent out the DO pin (pin 2)) include:

- RF-received data frame
- Command response
- Event notifications such as reset, associate, disassociate, etc.

The API provides alternative means of configuring modules and routing data at the host application layer. A host application can send data frames to the module that contain address and payload information instead of using command mode to modify addresses. The module will send data frames to the application containing status packets; as well as source, RSSI and payload information from received data packets.

The API operation option facilitates many operations such as the examples cited below:

-> Transmitting data to multiple destinations without entering Command Mode
-> Receive success/failure status of each transmitted RF packet
-> Identify the source address of each received packet

To implement API operations, refer to API sections [p57].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

API Support

I/O data is sent out the UART using an API frame. All other data can be sent and received using Transparent Operation [refer to p11] or API framing if API mode is enabled (AP > 0).

API Operations support two RX (Receive) frame identifiers for I/O data (set 16-bit address to 0xFFFE and the module will do 64-bit addressing):

- 0x82 for RX (Receive) Packet: 64-bit address I/O
- 0x83 for RX (Receive) Packet: 16-bit address I/O

The API command header is the same as shown in the "RX (Receive) Packet: 64-bit Address" and "RX (Receive) Packet: 64-bit Address" API types [refer to p63]. RX data follows the format described in the I/O Data Format section [p13].

Applicable Commands: AP (API Enable)

Sleep Support

Automatic wakeup sampling can be suppressed by setting SO bit 1.When an RF module wakes, it will always do a sample based on any active ADC or DIO lines. This allows sampling based on the sleep cycle whether it be Cyclic Sleep (SM parameter = 4 or 5) or Pin Sleep (SM = 1 or 2). To gather more samples when awake, set the IR (Sample Rate) parameter.

For Cyclic Sleep modes: If the IR parameter is set, the module will stay awake until the IT (Samples before TX) parameter is met. The module will stay awake for ST (Time before Sleep) time.

Applicable Commands: IR (Sample Rate), IT (Samples before TX), SM (Sleep Mode), IC (DIO Change Detect), SO (Sleep Options)

DIO Pin Change Detect

When "DIO Change Detect" is enabled (using the IC command), DIO lines 0-7 are monitored. When a change is detected on a DIO line, the following will occur:

1. An RF packet is sent with the updated DIO pin levels. This packet will not contain any ADC samples.
2. Any queued samples are transmitted before the change detect data. This may result in receiving a packet with less than IT (Samples before TX) samples.

Note: Change detect will not affect Pin Sleep wake-up. The D8 pin (DTR/Sleep_RQ/DI8) is the only line that will wake a module from Pin Sleep. If not all samples are collected, the module will still enter Sleep Mode after a change detect packet is sent.

Applicable Commands: IC (DIO Change Detect), IT (Samples before TX)

NOTE: Change detect is only supported when the Dx (DIOx Configuration) parameter equals 3,4 or 5.

Sample Rate (Interval)

The Sample Rate (Interval) feature allows enabled ADC and DIO pins to be read periodically on modules that are not configured to operate in Sleep Mode. When one of the Sleep Modes is enabled and the IR (Sample Rate) parameter is set, the module will stay awake until IT (Samples before TX) samples have been collected.

Once a particular pin is enabled, the appropriate sample rate must be chosen. The maximum sample rate that can be achieved while using one A/D line is 1 sample/ms or 1 KHz (Note that the modem will not be able to keep up with transmission when IR & IT are equal to "1" and that configuring the modem to sample at rates greater than once every 20ms is not recommended).

Applicable Commands: IR (Sample Rate), IT (Samples before TX), SM (Sleep Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XBee®/XBee-PRO® Networks

The following terms will be used to explicate the network operations:

Table 2-02. Terms and definitions

Term	Definition
PAN	Personal Area Network - A data communication network that includes one or more End Devices and optionally a Coordinator.
Coordinator	A Full-function device (FFD) that provides network synchronization by polling nodes [NonBeacon (w/ Coordinator) networks only]
End Device	*When in the same network as a Coordinator* - RF modules that rely on a Coordinator for synchronization and can be put into states of sleep for low-power applications.
Association	The establishment of membership between End Devices and a Coordinator. Association is only applicable in NonBeacon (w/Coordinator) networks.

Peer-to-Peer

By default, XBee®/XBee-PRO RF Modules are configured to operate within a Peer-to-Peer network topology and therefore are not dependent upon Master/Slave relationships. NonBeacon systems operate within a Peer-to-Peer network topology and therefore are not dependent upon Master/Slave relationships. This means that modules remain synchronized without use of master/server configurations and each module in the network shares both roles of master and slave. Digi's peer-to-peer architecture features fast synchronization times and fast cold start times. This default configuration accommodates a wide range of RF data applications.

Figure 2-06. Peer-to-Peer Architecture

A peer-to-peer network can be established by configuring each module to operate as an End Device (CE = 0), disabling End Device Association on all modules (A1 = 0) and setting ID and CH parameters to be identical across the network.

NonBeacon (w/ Coordinator)

A device is configured as a Coordinator by setting the CE (Coordinator Enable) parameter to "1". Coordinator power-up is governed by the A2 (Coordinator Association) parameter.

In a Coordinator system, the Coordinator can be configured to use direct or indirect transmissions. If the SP (Cyclic Sleep Period) parameter is set to "0", the Coordinator will send data immediately. Otherwise, the SP parameter determines the length of time the Coordinator will retain the data before discarding it. Generally, SP (Cyclic Sleep Period) and ST (Time before Sleep) parameters should be set to match the SP and ST settings of the End Devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

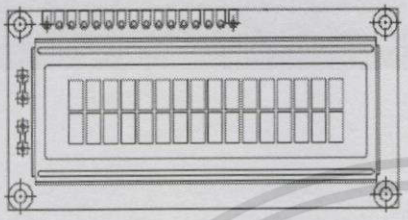
ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งานแอลซีดี

VISHAY

LCD-016M002B

Vishay

16 x 2 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	–	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	–	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

ITEM	SYMBOL	CONDITION		STANDARD VALUE			UNIT
				MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V		4.7	5.0	5.3	V
		VDD = + 3V		2.7	3.0	5.3	V
Supply Current	IDD	VDD = 5V		–	1.2	3.0	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C		–	–	–	V
		0°C		4.2	4.8	5.1	
		25°C		3.8	4.2	4.6	
		50°C		3.6	4.0	4.4	
		70°C		–	–	–	
LED Forward Voltage	VF	25°C		–	4.2	4.6	V
LED Forward Current	IF	25°C	Array	–	130	260	mA
			Edge	–	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz		–	–	5.0	mA

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:

Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน PCF857A

PCF8574; PCF8574A

Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus with interrupt

Rev. 5 — 27 May 2013 Product data sheet

1. General description

The PCF8574/74A provides general-purpose remote I/O expansion via the two-wire bidirectional I²C-bus (serial clock (SCL), serial data (SDA)).

The devices consist of eight quasi-bidirectional ports, 100 kHz I²C-bus interface, three hardware address inputs and interrupt output operating between 2.5 V and 6 V. The quasi-bidirectional port can be independently assigned as an input to monitor interrupt status or keypads, or as an output to activate indicator devices such as LEDs. System master can read from the input port or write to the output port through a single register.

The low current consumption of 2.5 μA (typical, static) is great for mobile applications and the latched output ports directly drive LEDs.

The PCF8574 and PCF8574A are identical, except for the different fixed portion of the slave address. The three hardware address pins allow eight of each device to be on the same I²C-bus, so there can be up to 16 of these I/O expanders PCF8574/74A together on the same I²C-bus, supporting up to 128 I/Os (for example, 128 LEDs).

The active LOW open-drain interrupt output ($\overline{INT}$) can be connected to the interrupt logic of the microcontroller and is activated when any input state differs from its corresponding input port register state. It is used to indicate to the microcontroller that an input state has changed and the device needs to be interrogated without the microcontroller continuously polling the input register via the I²C-bus.

The internal Power-On Reset (POR) initializes the I/Os as inputs with a weak internal pull-up 100 μA current source.

2. Features and benefits

- I²C-bus to parallel port expander
- 100 kHz I²C-bus interface (Standard-mode I²C-bus)
- Operating supply voltage 2.5 V to 6 V with non-overvoltage tolerant I/O held to V_{DD} with 100 μA current source
- 8-bit remote I/O pins that default to inputs at power-up
- Latched outputs directly drive LEDs
- Total package sink capability of 80 mA
- Active LOW open-drain interrupt output
- Eight programmable slave addresses using three address pins
- Low standby current (2.5 μA typical)
- –40 °C to +85 °C operation
- ESD protection exceeds 2000 V HBM per JESD22-A114 and 1000 V CDM per JESD22-C101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Latch-up testing is done to JEDEC standard JESD78 which exceeds 100 mA
- Packages offered: DIP16, SO16, SSOP20

3. Applications

- LED signs and displays
- Servers
- Key pads
- Industrial control
- Medical equipment
- PLC
- Cellular telephones
- Mobile devices
- Gaming machines
- Instrumentation and test measurement

5. Block diagram

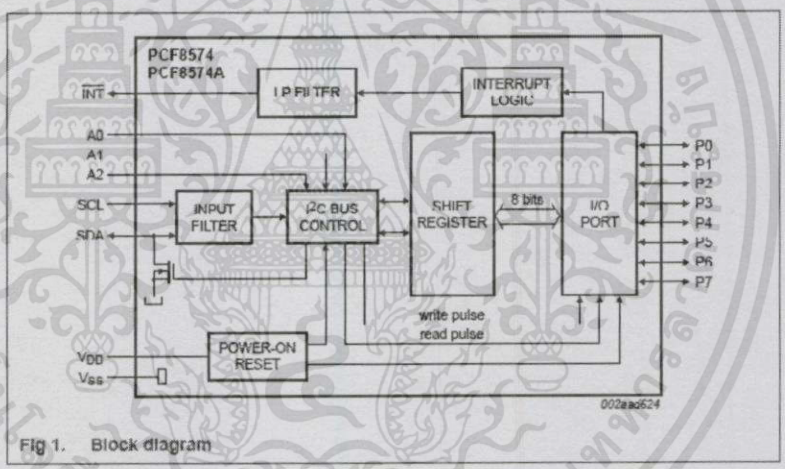


Fig 1. Block diagram

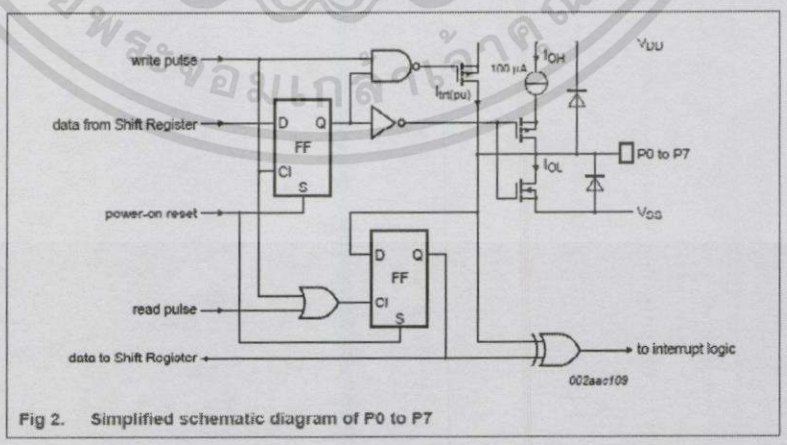


Fig 2. Simplified schematic diagram of P0 to P7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Pinning information

6.1 Pinning

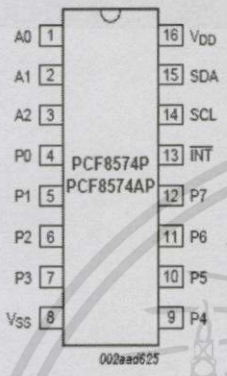


Fig 3. Pin configuration for DIP16

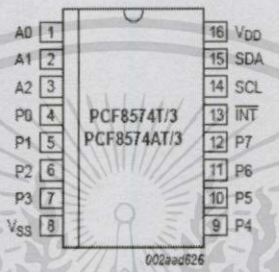


Fig 4. Pin configuration for SO16

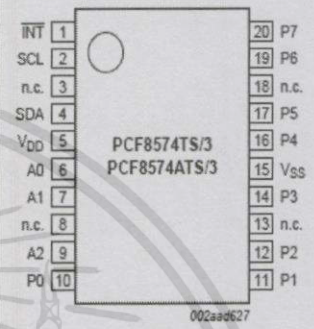


Fig 5. Pin configuration for SSOP20

6.2 Pin description

Table 3. Pin description

Symbol	Pin		Description
	DIP16, SO16	SSOP20	
A0	1	6	address input 0
A1	2	7	address input 1
A2	3	9	address input 2
P0	4	10	quasi-bidirectional I/O 0
P1	5	11	quasi-bidirectional I/O 1
P2	6	12	quasi-bidirectional I/O 2
P3	7	14	quasi-bidirectional I/O 3
V_{SS}	8	15	supply ground
P4	9	16	quasi-bidirectional I/O 4
P5	10	17	quasi-bidirectional I/O 5
P6	11	19	quasi-bidirectional I/O 6
P7	12	20	quasi-bidirectional I/O 7
$\overline{INT}$	13	1	interrupt output (active LOW)
SCL	14	2	serial clock line
SDA	15	4	serial data line
V_{DD}	16	5	supply voltage
n.c.	-	3, 8, 13, 18	not connected

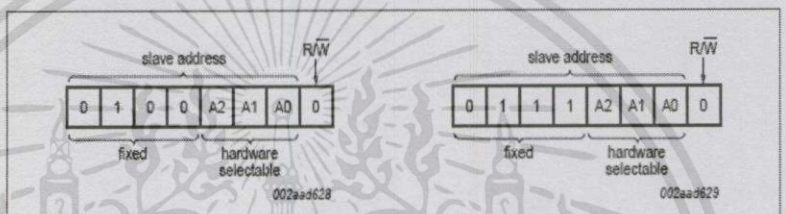
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Functional description

Refer to Figure 1 "Block diagram".

7.1 Device address

Following a START condition, the bus master must send the address of the slave it is accessing and the operation it wants to perform (read or write). The address format of the PCF8574/74A is shown in Figure 6. Slave address pins A2, A1 and A0 are held HIGH or LOW to choose one of eight slave addresses. To conserve power, no internal pull-up resistors are incorporated on A2, A1 or A0, so they must be externally held HIGH or LOW. The address pins (A2, A1, A0) can connect to V_{DD} or V_{SS} directly or through resistors.



a. PCF8574 b. PCF8574A

Fig 6. PCF8574 and PCF8574A slave addresses

The last bit of the first byte defines the operation to be performed. When set to logic 1 a read is selected, while a logic 0 selects a write operation (write operation is shown in Figure 6).

7.1.1 Address maps

The PCF8574 and PCF8574A are functionally the same, but have a different fixed portion (A6 to A3) of the slave address. This allows eight of the PCF8574 and eight of the PCF8574A to be on the same I²C-bus without address conflict.

Table 4. PCF8574 address map

Pin connectivity			Address of PCF8574								Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V_{SS}	V_{SS}	V_{SS}	0	1	0	0	0	0	0	-	40h	41h	20h
V_{SS}	V_{SS}	V_{DD}	0	1	0	0	0	0	1	-	42h	43h	21h
V_{SS}	V_{DD}	V_{SS}	0	1	0	0	0	1	0	-	44h	45h	22h
V_{SS}	V_{DD}	V_{DD}	0	1	0	0	0	1	1	-	46h	47h	23h
V_{DD}	V_{SS}	V_{SS}	0	1	0	0	1	0	0	-	48h	49h	24h
V_{DD}	V_{SS}	V_{DD}	0	1	0	0	1	0	1	-	4Ah	4Bh	25h
V_{DD}	V_{DD}	V_{SS}	0	1	0	0	1	1	0	-	4Ch	4Dh	26h
V_{DD}	V_{DD}	V_{DD}	0	1	0	0	1	1	1	-	4Eh	4Fh	27h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Characteristics of the I²C-bus

The I²C-bus is for 2-way, 2-wire communication between different ICs or modules. The two wires are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor when connected to the output stages of a device. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

9.1 Bit transfer

One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as control signals (see Figure 11).

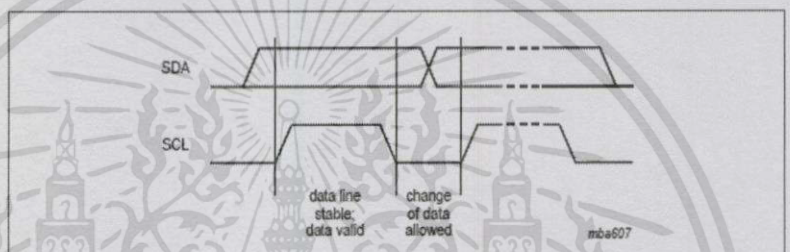


Fig 11. Bit transfer

9.1.1 START and STOP conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line while the clock is HIGH is defined as the START condition (S). A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH is defined as the STOP condition (P) (see Figure 12).

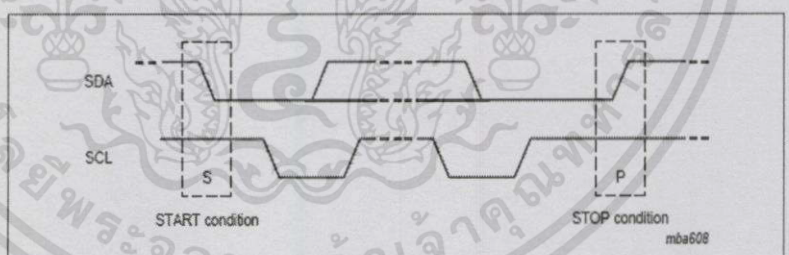


Fig 12. Definition of START and STOP conditions

9.2 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter'; a device receiving is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves' (see Figure 13).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

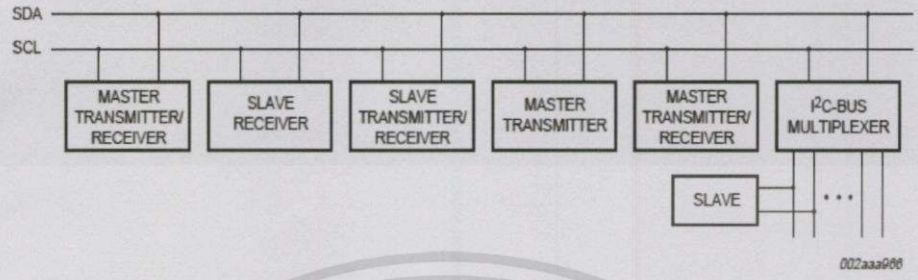


Fig 13. System configuration

9.3 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the START and the STOP conditions from transmitter to receiver is not limited. Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit (see Figure 14). The acknowledge bit is an active LOW level (generated by the receiving device) that indicates to the transmitter that the data transfer was successful.

A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that wants to issue an acknowledge bit has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge bit related clock pulse; set-up and hold times must be taken into account.

A master receiver must signal an end of data to the transmitter by **not** generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event, the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a STOP condition.

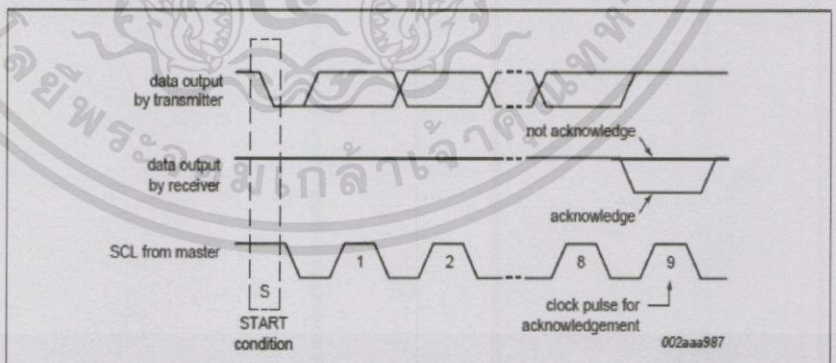


Fig 14. Acknowledgement on the I²C-bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้