ระบบสั่งอาหารไร้สาย

WIRELESS FOOD ORDERING SYSTEM

เกษม เลี้ยวศิริวัฒนกุล
ติยะฉัตร ขยันกสิการ
พีระเดช อุดมตระกูลวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

ระบบสั่งอาหารไร้สาย

WIRELESS FOOD ORDERING SYSTEM

เกษม เลี้ยวศิริวัฒนกุล

ติยะฉัตร ขยันกสิการ

พีระเดช อุดมตระกูลวงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS FOOD ORDERING SYSTEM

KASEM LIAWSIRIWATTANAKUN
TIYACHAT KAYUNKASIKAN
PERADATE UDOMTRAKUNWONG

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 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบสั่งอาหารไร้สาย

WIRELESS FOOD ORDERING SYSTEM

ผู้จัดทำ	นายเกษม	เลี้ยวศิริวัฒนกุล	54010129
	นายติยะฉัตร	ขยันกสิการ	54010487
	นายพีระเดช	อุดมตระกูลวงศ์	54010947

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสั่งอาหารไร้สาย

โดย
นายเกษม เลี้ยวศิริวัฒนกุล 54010129
นายติยะฉัตร ขยันกสิการ 54010487
นายพีระเดช อุดมตระกูลวงศ์ 54010947

อาจารย์ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์
อาจารย์สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอแนวความคิด และการออกแบบระบบการรับส่งข้อมูลไร้สาย เพื่อนำมาไปใช้ในการสั่งอาหารในร้านอาหาร ระบบที่นำเสนอประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอาดูโน (Arduino) จอแสดงผลแอลซีดี (LCD) แป้นพิมพ์ (Keypad) และโมดูลไร้สายซิกบี (Zigbee) โดยลูกค้าสามารถสั่งอาหารจากเครื่องรับรายการอาหารบนโต๊ะ และพนักงานทราบรายการอาหารจากเครื่องรับสัญญาณไร้สายภายในห้องครัว นอกจากนี้ระบบยังสามารถแสดงรายการและราคาอาหารที่สั่ง ผ่านทางจอแสดงผลแอลซีดีบนบนโต๊ะอาหาร ทำให้ลูกค้าสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายล่วงหน้าก่อนชำระเงิน และลดความผิดพลาดในการสั่งอาหารได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Food Ordering System

By

Mr.Kasem Liawsiriwattanakun 54010129

Mr.Tiyachat Kayunkasikran 54010487

Mr.Peradate Udomtrakunwong 54010947

Advisor

Assoc.Prof.Dr.Worapong Tangsrirat

Mr.Sorapong Wachirarattanapornkul

Academic Year 2014

ABSTRACT

The major objective of this thesis presents the concept and design of a customizable food ordering system with real-time feedback for a restaurant. The main architecture of the presented system is based on Arduino microcontroller board, LCD module, Keypad module and Zigbee transceiver wireless module. The order details from customers are wirelessly updated in central database and subsequently sent to kitchen and cashier via wireless communication. The order then is displayed on LCD screen. In addition, it can also manage the orders and financial information. After the food is ready, staff in kitchen will inform the waiter to deliver the food to the respective table. This system provides a means of convenience, efficiency and accuracy for restaurants by saving time, reducing human errors, as well as real-time customer feedback.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ และอาจารย์สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล ที่ให้ความเมตตากรุณา และให้คำปรึกษามาโดยตลอด รวมทั้งเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการดำเนินงาน โดยผู้จัดทำรู้สึกทราบซึ้งและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ เตือนสติ และชักชวนทำแต่สิ่งที่ดีมีประโยชน์

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัว ผู้ให้การอุปการะเลี้ยงดู ให้การศึกษา และคอยเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำเสมอมา

ผู้จัดทำ

นายเกษม เลี้ยวศิริวัฒนกุล

นายติยะฉัตร ขยันกสิการ

นายพีระเดช อุดมตระกูลวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VI
สารบัญตาราง		VIII
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ปัญหาและที่มาของปริญญานิพนธ์	1
1.2	วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	2
1.3	ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4	ขั้นตอนการดำเนินปริญญานิพนธ์	3
1.5	ตารางการทำงาน	4
1.6	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7	เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		
2.1	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	6
2.2	บอร์ดอาดูโน (Arduino Board)	11
2.3	โมดูลแอลซีดี (LCD Module)	15
2.4	โมดูลแป้นพิมพ์ (Keypad Module)	26
2.5	โมดูลซิกบี (Module Zigbee)	29
2.6	มาตรฐานของระบบ IEEE 802.15.4	35
2.7	ระบบสื่อสารไร้สาย	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3 การออกแบบระบบสั่งอาหารไร้สาย		
3.1	การออกแบบระบบ	44
3.2	หลักการทำงานภาคสั่ง	47
3.3	หลักการทำงานภาครับ	49
บทที่ 4 การทดลองและผลลัพธ์		
4.1	ผลการทดลองอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งสัญญาณไร้สาย	51
4.2	ผลการทำลองจอแอลซีดี	53
4.3	ผลการทดลองแสดงสัญญาณการส่งข้อมูล	57
4.4	ผลการทดลองระยะขอบเขตในการส่งสัญญาณผ่านเครื่องรับสัญญาณไร้สาย	61
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน		
5.1	สรุปผล	63
5.2	ปัญหาและข้อจำกัดของการดำเนินงาน	63
5.3	ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	64
5.4	แนวทางการพัฒนาต่อไป	65
เอกสารอ้างอิง		66
ภาคผนวก		68
ภาคผนวก ก		69
ภาคผนวก ข		80
ภาคผนวก ค		87
ภาคผนวก ง		91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ระบบการสั่งอาหารแบบดั้งเดิม	1
1.2	ระบบการสั่งอาหารไร้สาย	2
2.1	สถาปัตยกรรมชั้นสูงแบบ RISC	6
2.2	ลักษณะหน้าตาไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P	7
2.3	โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P	7
2.4	สัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P	8
2.5	สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P	9
2.6	บอร์ดอาดูโน	11
2.7	โครงสร้างของบอร์ดอาดูโน	14
2.8	โมดูลแอลซีดี	15
2.9	บล็อกไดอะแกรมของโมดูลแอลซีดี	16
2.10	การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวควบคุมแอลซีดี	17
2.11	โมดูลแป้นพิมพ์	26
2.12	วงจรโมดูลแป้นพิมพ์ขนาด 4 x 4	27
2.13	โครงสร้างการใช้งานโมดูลแป้นพิมพ์ขนาด 4 x 4	28
2.14	หน้าตาโมดูลซิกบี	29
2.15	โครงสร้างโมดูลซิกบี	30
2.16	เครือข่ายซิกบีแบบสตาร์ คลัสเตอร์ทรีและเมช	32
2.17	สแต็กโปรโตคอลแสดงความสัมพันธ์ของเทคโนโลยี IEEE 802.15.4 และซิกบี	35
2.18	การสื่อสารแบบการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายๆ ทางเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกัน	39
2.19	โครงสร้างของเฟรมพิเศษที่แสดงช่วงเวลาและตำแหน่งต่างๆ	39
2.20	การค้นพบและการกำหนดเลขที่อยู่ของ IEEE 802.15.4 ในระดับชั้นแม็ค (MAC)	40
2.21	สแต็กซิกบี (Zigbee Stack)	41
2.22	การติดต่อสื่อสารของซิกบีแบบเมช (Mesh)	42
2.23	การติดต่อสื่อสารของซิกบีแบบดิจิเมช (DigiMesh)	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	หลักการทำงานของระบบสั่งอาหารไร้สาย	44
3.2	เครื่องรับรายการอาหาร	45
3.3	เครื่องรับสัญญาณไร้สาย	45
3.4	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบสั่งอาหารไร้สาย	46
3.5	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร	47
3.6	วงจรจำลองเครื่องรับรายการอาหาร	48
3.7	โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย	49
3.8	การต่อวงจรของเครื่องสั่งอาหารไร้สาย	50
4.1	เครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย	51
4.2	หน้าจอการทำงานของเครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย	52
4.3	วงจรภายในของเครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย	52
4.4	การส่งสัญญาณไร้สาย	59
4.5	การส่งสัญญาณไร้สายแสดงผลแบบเอ็กเซลล์ (Excell)	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
2.1	การใช้งานขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P	10
2.2	การใช้งานขาต่าง ๆ ของโมดูลแอลซีดี	18
2.3	การใช้งานคำสั่งเคลียร์การแสดงผล	19
2.4	การใช้งานคำสั่งเลื่อนเคอร์เซอร์ไปตำแหน่งแรก	20
2.5	การใช้งานคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล	20
2.6	การใช้งานคำสั่งควบคุมการแสดงผล	21
2.7	การใช้งานคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร	21
2.8	ลักษณะการเลื่อนของเคอร์เซอร์และข้อมูลหน้าจอ	22
2.9	การใช้งานคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน	22
2.10	การใช้งานคำสั่งเลือกแอดเดรสของ CG RAM	23
2.11	คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDR RAM	23
2.12	ตารางแสดงแอดเดรส DDR RAM แอลซีดีแบบจุด ขนาด 16 x 1	24
2.13	ตารางแสดงแอดเดรส DDR RAM แอลซีดีแบบจุด ขนาด 16 x 2	24
2.14	ตารางแสดงแอดเดรส DDR RAM แอลซีดีแบบจุด ขนาด 16 x 4	24
2.15	การอ่าน Busy Flag And Address Counter	24
2.16	การเขียนข้อมูลใน CG RAM หรือ DDR RAM	25
2.17	การใช้งานคำสั่งอ่านข้อมูลจาก CG RAM หรือ DDR RAM	25
2.18	การใช้งานขาต่าง ๆ ของโมดูลซิกบี	31
2.19	การเปรียบเทียบซิกบีกับซิกบีโปร	33
2.20	การแบ่งย่านความถี่และจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานตามมาตรฐาน	36
2.21	การใช้งานย่านความถี่และการแบ่งช่องสัญญาณที่ใช้งานตามมาตรฐาน	36
4.1	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร ตามลำดับ	53
4.2	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย ตามลำดับ	55
4.3	สัญญาณการส่งข้อมูล	57
4.4	ระยะขอบเขตในการรับส่งข้อมูล	61

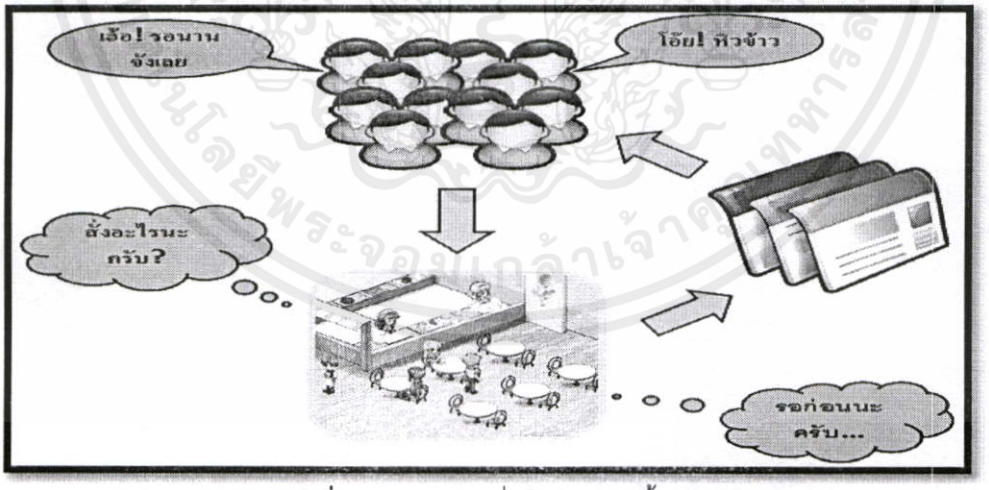
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนี้ธุรกิจร้านอาหารมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดการแข่งขันกันทางธุรกิจมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิคต่างๆ มาใช้เพื่อเพิ่มแรงจูงใจให้ลูกค้า อาทิเช่น การลดราคาอาหาร มารยาทของพนักงานบริการ คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ เป็นต้น นอกจากนี้มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการสั่งรายการอาหาร แต่ยังเป็นเพียงส่วนน้อย โดยส่วนใหญ่แล้ว ร้านอาหารทั่วไปยังใช้วิธีการสั่งอาหารแบบยืนต่อแถว ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งอาจเกิดปัญหาพนักงานบริการรับรายการอาหารผิดจากความผิดพลาดในการสื่อสารกับลูกค้า และกรณีที่ลูกค้ามีจำนวนมากขึ้นจนไม่สามารถสั่งรายการอาหารได้ทันที ต้องรอพนักงานบริการมารับคำสั่งเป็นเวลานาน ทำให้เกิดความไม่พอใจ ความยุ่งยากไม่เป็นระเบียบตามมาได้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอระบบการรับส่งรายการอาหารแบบไร้สาย เพื่อเพิ่มความประทับใจให้ลูกค้าสามารถสั่งรายการอาหารได้ทันที และลดความผิดพลาดในการสั่งรายการอาหารระหว่างลูกค้ากับพนักงานบริการ อันเป็นระบบที่ลูกค้าสามารถสั่งอาหารได้ด้วยตนเองจากบนโต๊ะอาหารโดยตรง ไม่ต้องเสียเวลาไปยืนต่อแถวสั่งอาหาร และลูกค้าสามารถที่จะดูรายการและราคาอาหารที่สั่งรวมไว้ได้ ก่อนที่จะทำการยืนยันรายการสั่งอาหาร เพื่อช่วยให้ลูกค้าสามารถตัดสินใจเลือกรายการอาหารที่ต้องการจริง และคำนวณค่าอาหารที่จะต้องจ่ายไว้ล่วงหน้าได้



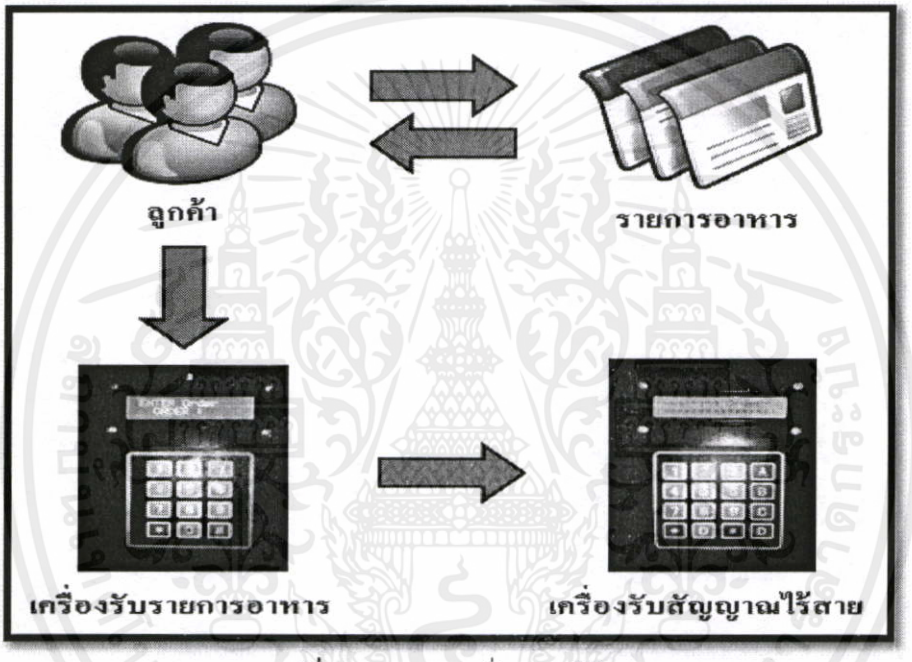
รูปที่ 1.1 ระบบการสั่งอาหารแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) Atmega328P และการรับส่งข้อมูลไร้สายระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านโมดูลไร้สายซิกบี (Zigbee Module)
2. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมอาดูโน (Arduino) และโปรแกรมโปรติอุส (Proteus) ในการสั่งงานและจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสั่งอาหารไร้สายภายในร้านอาหาร

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์



รูปที่ 1.2 ระบบการสั่งอาหารไร้สาย

เครื่องรับรายการอาหารจะถูกติดตั้งอยู่บนโต๊ะภายในร้านอาหาร โดยลูกค้าสามารถดูรหัสรายการอาหารจากเมนูและสามารถสั่งอาหารผ่านทางแป้นพิมพ์ ซึ่งถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งรายการอาหารที่ลูกค้าสั่งไปยังเครื่องรับสัญญาณไร้สายอีกตัวหนึ่ง ผ่านโมดูลซิกบีและแสดงรายการอาหารที่ลูกค้าสั่งไว้ให้พนักงานทราบทางจอแอลซีดี

ในที่นี้ได้จำลองการสั่งอาหาร โดยใช้เครื่องรับรายการอาหารจำนวน 2 เครื่อง และเครื่องรับสัญญาณไร้สาย จำนวน 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินปริญญานิพนธ์

1.4.1 การศึกษาข้อมูล

1. ศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แป้นพิมพ์ จอแอลซีดี (LCD) และการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม (Series Port)
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมอาดูโน สั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมโปรติอุส และจำลองการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ศึกษาการรับส่งข้อมูลผ่านโมดูลซิกบี

1.4.2 การออกแบบวงจร

การออกแบบวงจรของเครื่องรับส่งรายการอาหารให้มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

1.4.3 การสร้างอุปกรณ์

การใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แป้นพิมพ์และจอแอลซีดี จากนั้นสร้างเครื่องรับส่งรายการอาหารให้มีขนาดเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน

1.4.4 การทดลอง

การทดลองให้เครื่องรับรายการอาหารส่งข้อมูลให้กับเครื่องรับสัญญาณไร้สาย จากนั้นตรวจสอบรายการอาหารที่รับเข้ามา

1.4.5 การปรับปรุงแก้ไข

การแก้ไขซอร์สโค้ด (Source Code) โปรแกรมอาดูโนให้สามารถรับรายการอาหารได้อย่างถูกต้อง และมีขนาดที่เหมาะสมกับความจุของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

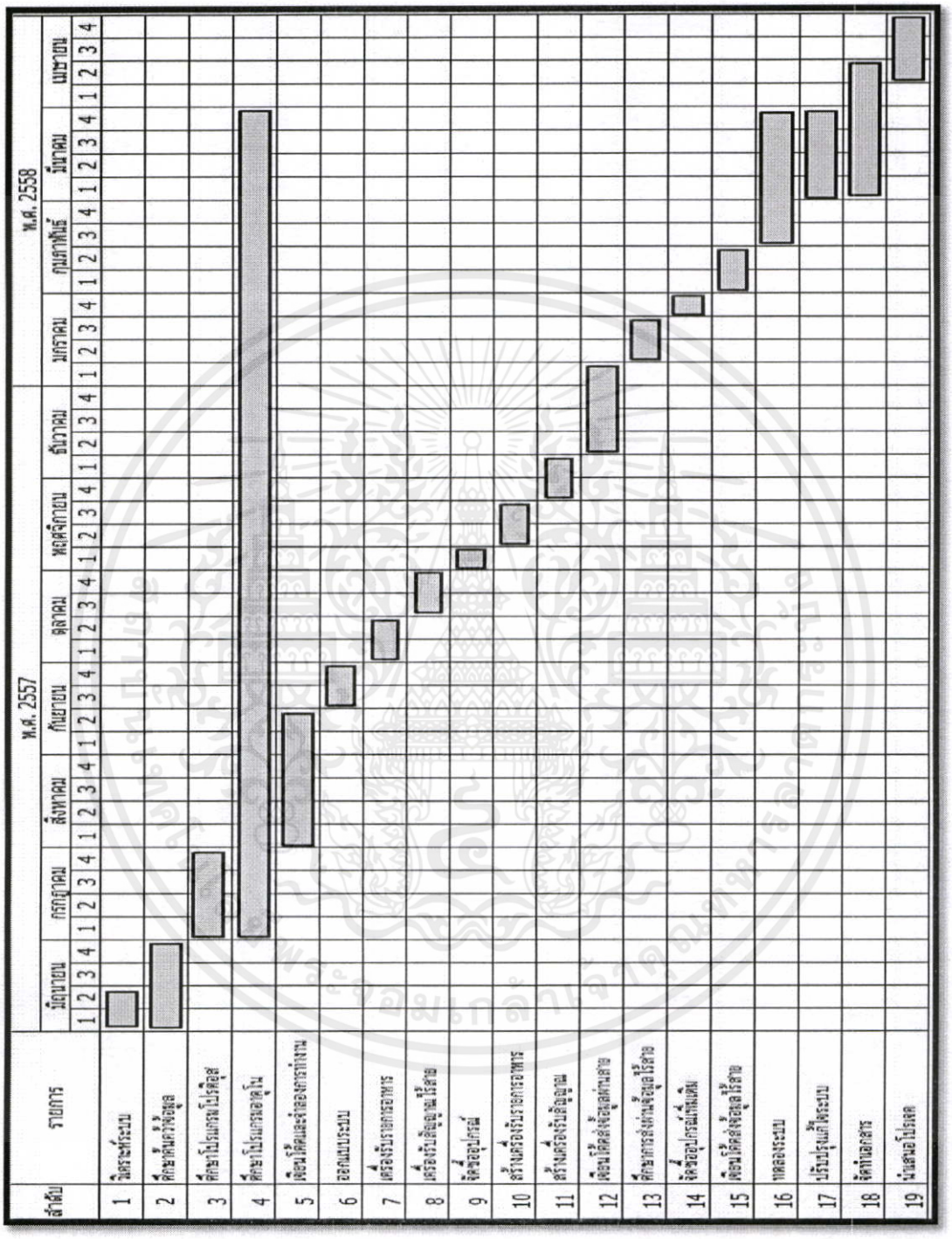
1.4.6 การทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

การทำคู่มืออธิบายวิธีการใช้งานเครื่องรับรายการอาหาร พร้อมแนบเมนูรหัสรายการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ตารางการทำงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำระบบนี้ไปใช้ในร้านอาหาร เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้ลูกค้าและลดความผิดพลาดในการสั่งอาหารได้

2. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถส่งผ่านข้อมูลไร้สายได้

3. ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ ทางด้านการเขียนโปรแกรมอาดูโน และโปรแกรมโปรติอุสในการควบคุม และจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

1.7 รายละเอียดภายในปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความเป็นมา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ขั้นตอนในการดำเนินการ ตารางการทำงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดภายในปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ โมดูลต่างๆ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ การสื่อสารไร้สาย การใช้งานโปรแกรมอาดูโนและโปรแกรมโปรติอุส

บทที่ 3 หลักการออกแบบ กล่าวถึงการออกแบบวงจรเครื่องรับส่งรายการอาหาร โดยใช้โปรแกรมโปรติอุสจำลองการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนปฏิบัติจริง

บทที่ 4 การทดลอง กล่าวถึงการทดลองรับส่งสัญญาณไร้สาย และตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง

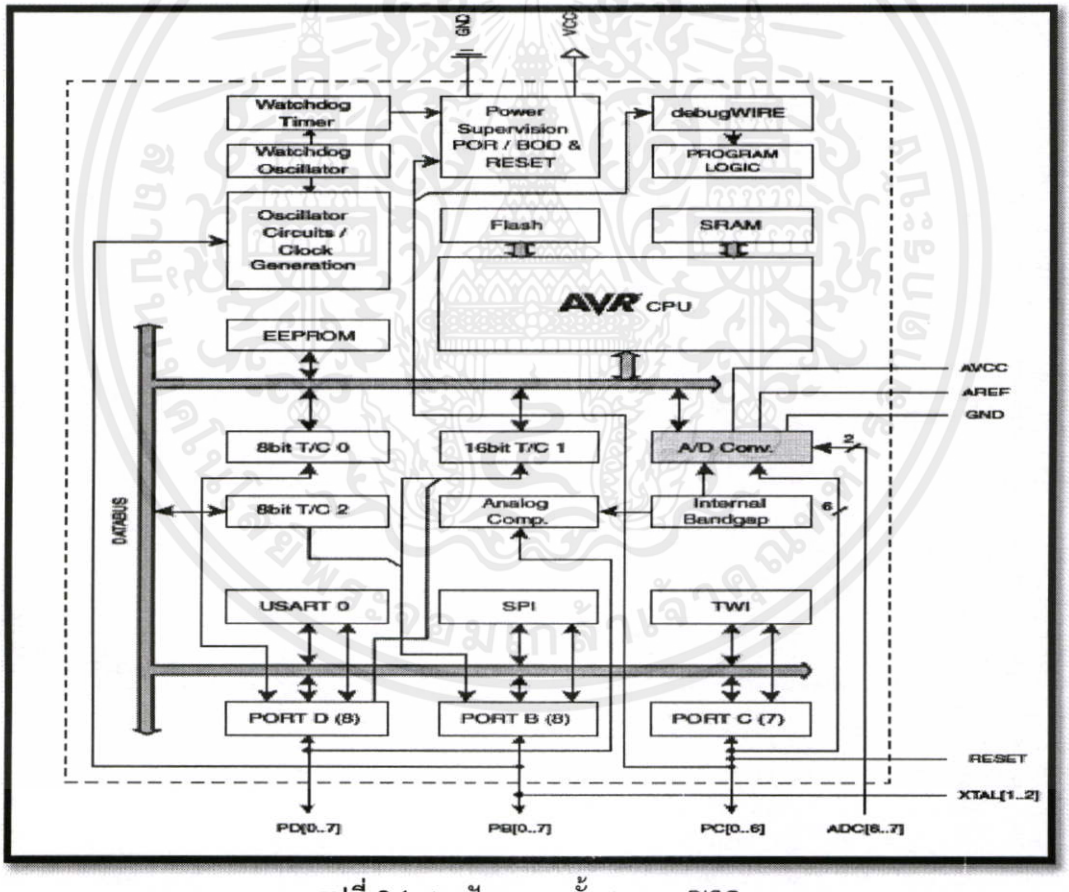
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป กล่าวถึงการสรุปผลการทำปริญญานิพนธ์ ปัญหาที่พบในระหว่างดำเนินงาน การแก้ปัญหาและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmatic Logic Unit) วงจรรับสัญญาณอินพุต (Input Port) วงจรส่งสัญญาณเอาต์พุต (Output Port) หน่วยความจำ (ROM, RAM : Memory) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) ไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการทำงานได้อย่างอิสระ

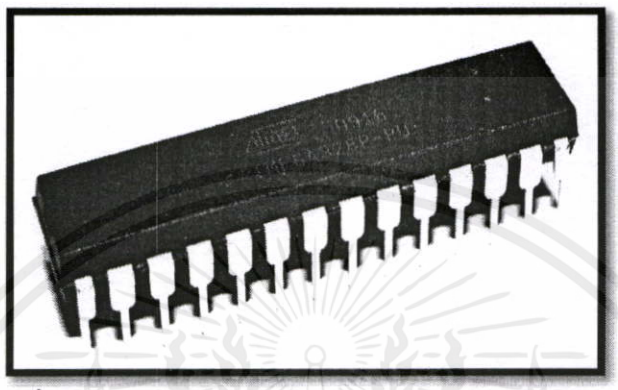


รูปที่ 2.1 สถาปัตยกรรมชั้นสูงแบบ RISC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

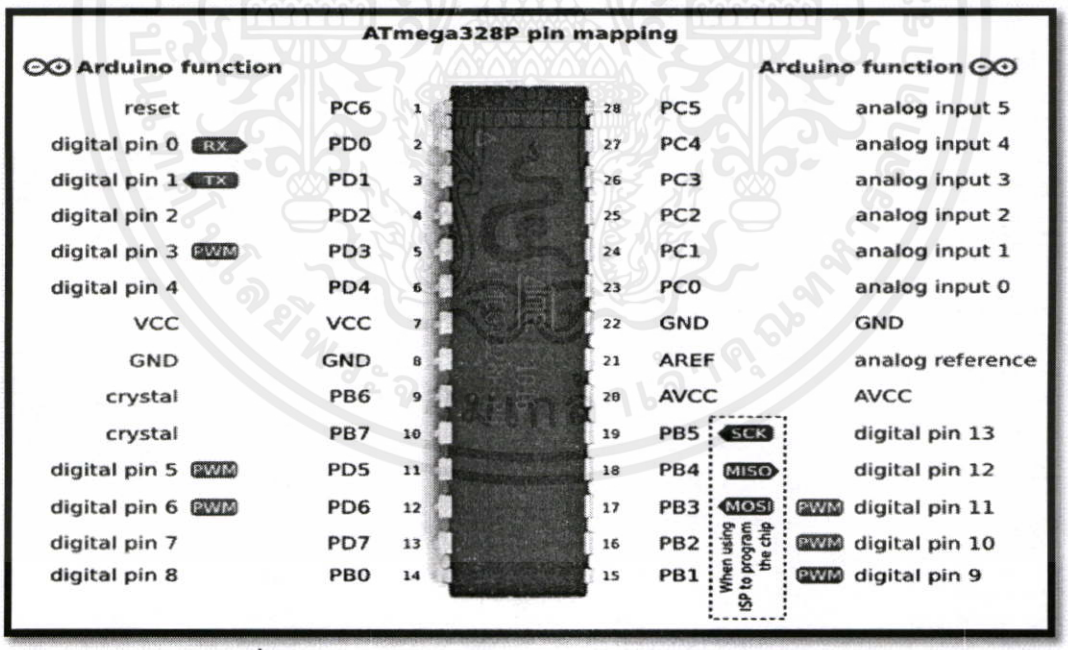
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

Atmega328P เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต (Bits) ที่มีสถาปัตยกรรม RISC (Reduce Instruction Set Computer) ทำให้การประมวลผลมีความเร็ว 1 คำสั่ง/1 รอบนาฬิกาหรือหน่วยประมวลผลกลางสามารถประมวลคำสั่งได้ 1 ล้านคำสั่งต่อวินาที (MIPS/MHz)



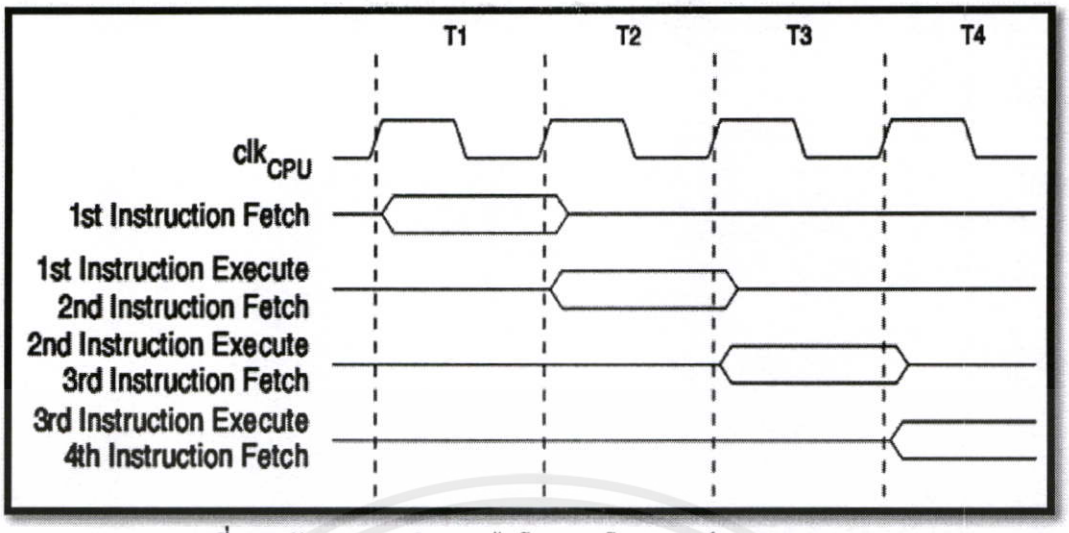
รูปที่ 2.2 ลักษณะหน้าตาไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 สัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

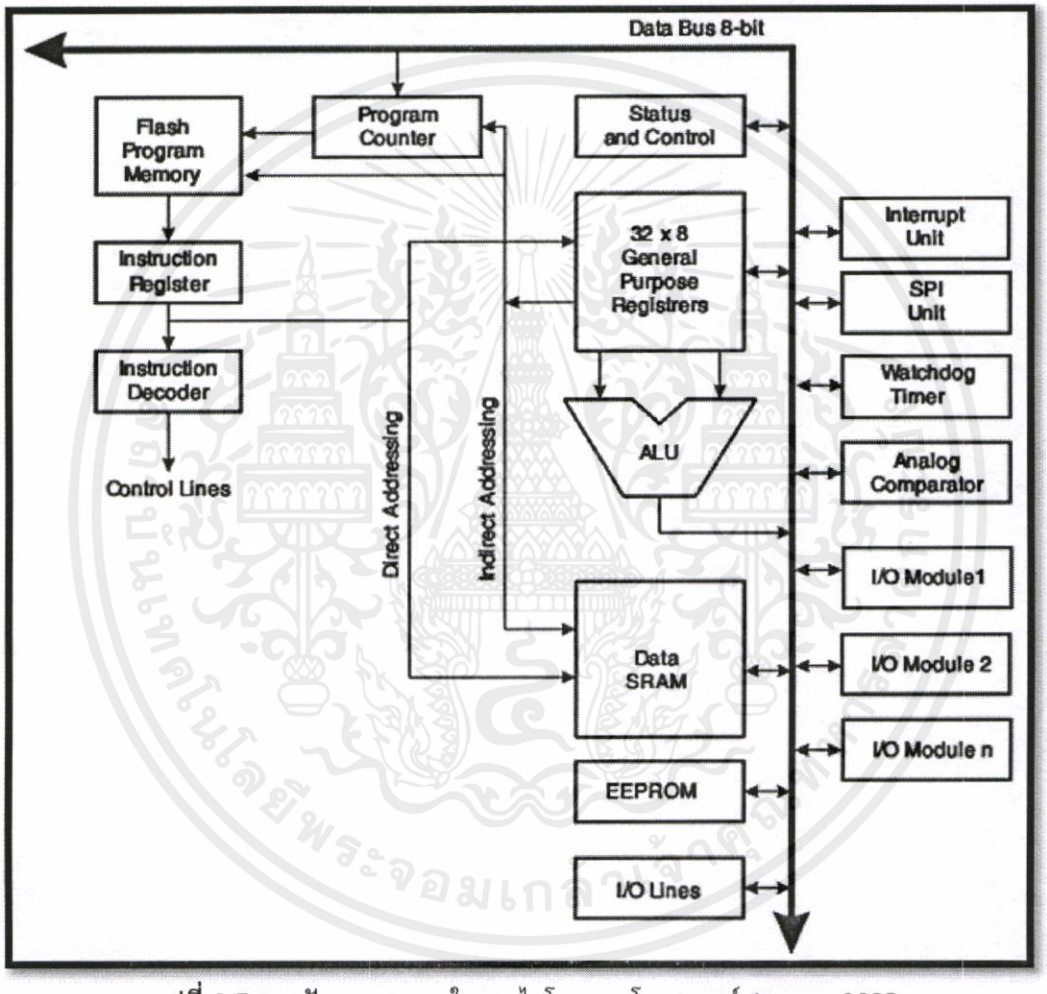
2.1.3 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

1. สถาปัตยกรรมภายนอกถูกออกแบบให้ใช้สถาปัตยกรรมชั้นสูงแบบ RISC
2. ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 131 คำสั่ง/1 รอบนาฬิกา
3. กลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปขนาด 8 บิต จำนวน 32 ตัว
4. ความเร็วในการประมวลผลมากกว่า 20 ล้านคำสั่ง/วินาที
5. หน่วยความจำแบบ 32 กิโลไบต์ (KByte) สามารถเขียนลบได้ 10,000 ครั้ง
6. หน่วยความจำแบบเอ็ปรอม (EPROM : Erasable Programmable Read-Only Memory) 1 กิโลไบต์ สามารถเขียนและลบโปรแกรมได้ 100,000 ครั้ง
7. หน่วยความจำแบบเอสแรม (SRAM : Static Random Access Memory) 2 กิโลไบต์
8. ความถี่สัญญาณนาฬิการะหว่าง 0-4 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)
9. มีการรองรับอุปกรณ์ต่อพ่วง
10. อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบบ I^2C (Inter-IC Communication) และยูเอสอาร์ต (USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)
11. มีระบบการรีเซ็ต (Reset) แบบอัตโนมัติเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. มีฟังก์ชั่น (Function) ตรวจสอบแรงดัน
13. มีระบบการขัดจังหวะทั้งภายในและภายนอก
14. มีระบบตรวจจับความผิดพลาดของคอมพิวเตอร์
15. มีระบบอนุรักษ์พลังงาน 5 แบบ ได้แก่ Idle, ADC Noise Reduction, Power Save, Power Down, Standby
16. ไฟเลี้ยงระหว่าง 1.8 -2.5 โวลต์ (V)

2.1.4 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P



รูปที่ 2.5 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การใช้งานขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P

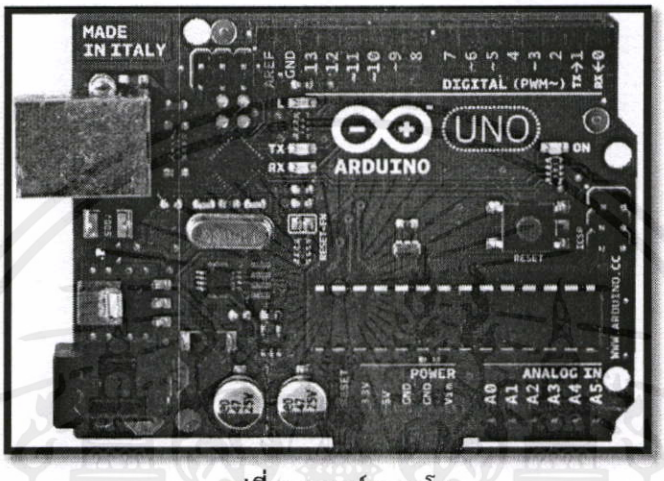
ลำดับขา	ชื่อขา	การใช้งาน
8,22	GND	- ขากราวด์ (Ground) ต่อสายดิน
7	VCC	- ไฟเลี้ยง 1.8-5.5 โวลต์
9,10,14-19	Port B (PB7-PB0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2	- เป็นพอร์ต 2 ทิศทาง ขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ พูลอัพรีซิสเตอร์ (Pull Up Resistor) ได้ (ภายในเป็นอิสระแยกจากกันเพื่อดึงแรงดันของลอจิก (Logic) 1 ให้เท่ากับ 5 โวลต์) - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega328P โดยขึ้นอยู่กับการตั้งค่าสัญญาณนาฬิกาที่ขา PB6 ที่ใช้เป็นแรงดันและขาอินพุตของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
1	PC6/RESET	- ขารีเซ็ต
1-6,11-13	Port D (PD0-PD7)	- เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้พูลอัพรีซิสเตอร์ได้ - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega328P
20	AVCC	- ใช้จ่ายไฟให้กับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อก (Analog) เป็นดิจิตอล (Digital) มักจะต่อเข้ากับขา VCC
21	AREF	- แรงดันอ้างอิงที่ใช้งานในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลมักต่อกับ VCC
9-10	Port B (PB6-PB7) (TQFP QFN/MLF Package Only)	- ขากำลังงานใช้แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล
23-28	Port C (PC0-PC5)	- เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิต โดยสามารถกำหนดให้ขาของแต่ละพอร์ตสามารถตั้งค่าให้ Pull Up Resistor ได้ - สามารถใช้งานพิเศษตามความต้องการของ ATmega328P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 บอร์ดอาดูโน (Arduino Board)

บอร์ดอาดูโน เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่ายสามารถพัฒนาต่อยอดได้มากมาย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega328P ของ Atmel เป็น MCU (Multipoint Control Unit) ประจำบอร์ด โดย MCU รุ่นนี้มีขาทั้งหมด 28 ขา

2.2.1 โครงสร้างของบอร์ดอาดูโน



รูปที่ 2.6 บอร์ดอาดูโน

2.2.2 จุดเด่นของบอร์ดอาดูโน

1. การใช้งานและเรียนรู้ง่าย เนื่องจากมีการออกคำสั่งต่าง ๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน

2. ราคาไม่แพง เนื่องจากมีซอร์สโค้ด และวงจรแจกฟรี สามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้เองได้และมีการเปิดเผยวงจรซอร์สโค้ดทำให้สามารถนาไปพัฒนาต่อยอดได้ดี ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

3. โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของอาดูโน สามารถรองรับการทำงานทั้ง Window Linux และ OSX

4. รูปแบบคำสั่งนั้นง่ายต่อการใช้งาน สามารถนำไปใช้งานจริงกับส่วนที่มีความซับซ้อนมากได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งรวมถึงไลบรารี (Library) ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานเองได้เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 คุณสมบัติของบอร์ดอาดูโน

บอร์ดอาดูโนมี ATmega328P เป็น MCU ตระกูล AVR ประจำบอร์ด โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบคริสตอลออสซิเลเตอร์ (Crystal Oscillator) ที่มีค่า 16 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อให้สามารถใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้อย่างลงตัว

1. บอร์ดสามารถเปลี่ยนการติดตั้ง MCU เป็นแบบ 28 ขา หรือเบอร์อื่นในอนุกรมเดียวกันได้โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงใด ๆ เช่น ATmega88 เป็นต้น
2. มีหน่วยความจำแบบแฟรช (Flash) 32 กิโลไบต์ โดยแบ่งเป็น Boot Loader 2 กิโลไบต์
3. มีเอ็ปรอม 1 กิโลไบต์/เอสแรม 2 กิโลไบต์
4. มีพอร์ตเป็น 14 ดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต ซึ่งมี 6 ขา สามารถสร้างเป็น PWM (Pulse Width Modulation) เอาต์พุต
5. มีพอร์ต 6 แอนะล็อก อินพุต/เอาต์พุต
6. ไฟกระแสตรง (DC) ขาอินพุต/เอาต์พุต มีค่า 40 มิลลิแอมป์ (mA)
7. ไฟกระแสตรง ขา 3.3 โวลต์ มีค่า 50 มิลลิแอมป์
8. MCU ประจำบอร์ดที่ได้รับการติดตั้ง Boots Loader สามารถอัพโหลดโค้ดให้บอร์ดผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมได้ทันที
9. มีขั้วต่อ USB Interface สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์ได้ทันที
10. มีแอลอีดีสำหรับแสดงสถานะไฟเลี้ยง
11. มีแอลอีดีแสดงสถานการณ์รับส่งข้อมูล
12. ใช้ไฟเลี้ยงประจำบอร์ด 7-12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การใช้งานพอร์ตต่าง ๆ ของบอร์ดอาดูโน

1. พอร์ต USB (Universal Serial Bus) จะใช้ต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัพโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ดอาดูโน

2. ปุ่มรีเซ็ต เป็นปุ่มรีเซ็ต ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3. พอร์ต ICSP (In Circuit Serial Programming) ของ Atmega16U2 มีพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com Port บน Atmega16U2

4. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต เป็นดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 โดยขา 0, 1 เป็นขา Tx, Rx Serial, ขา 3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM

5. พอร์ต ICSP Atmega328P เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Boot Loader

6. MCU Atmega328P เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ดอาดูโน

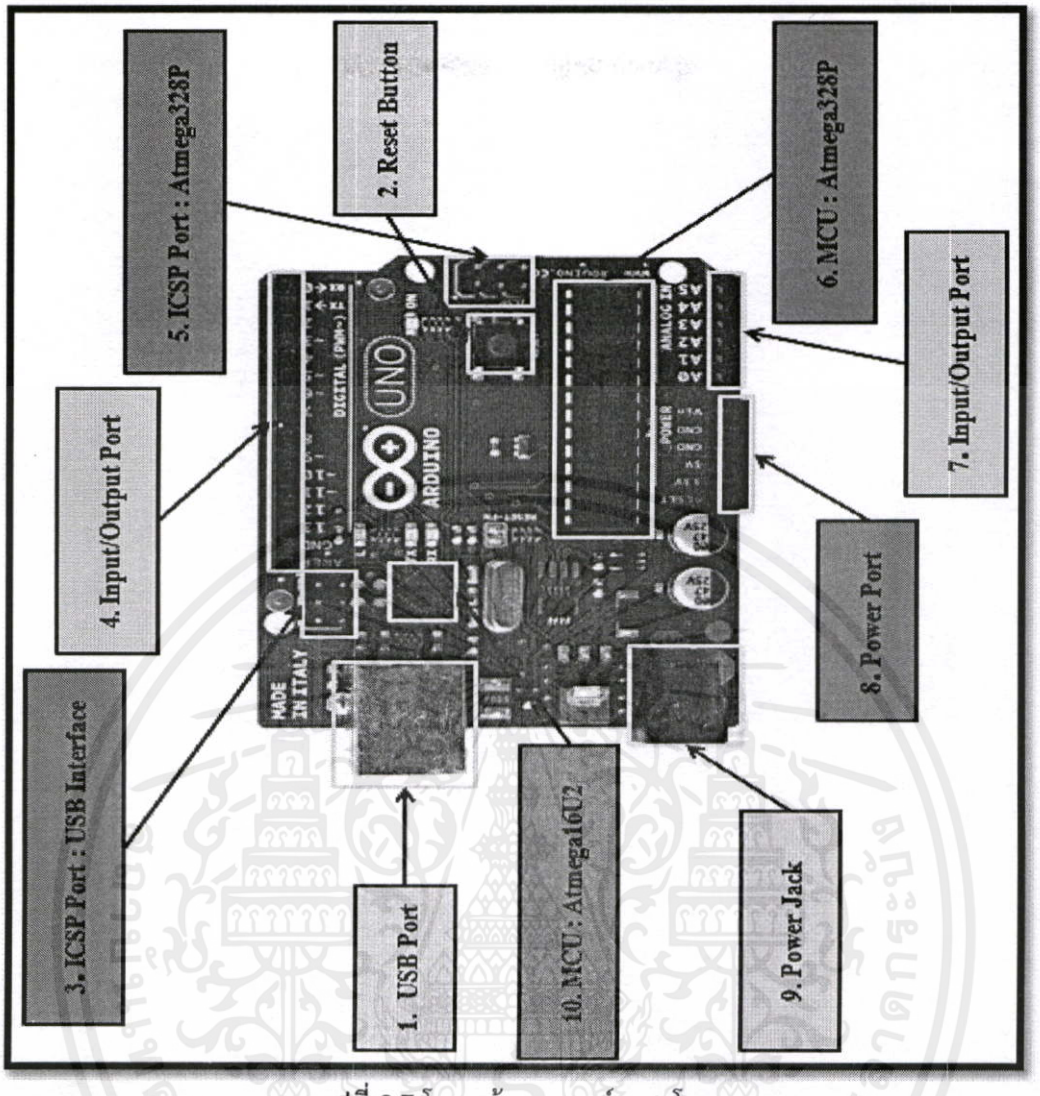
7. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต เป็นดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต และเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณแอนะล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

8. พอร์ตพาวเวอร์ (Power Port) ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 โวลต์, +5 โวลต์, กราวด์, Vin

9. พาวเวอร์แจ็ค (Power Jack) รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 โวลต์

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328P จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านAtmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

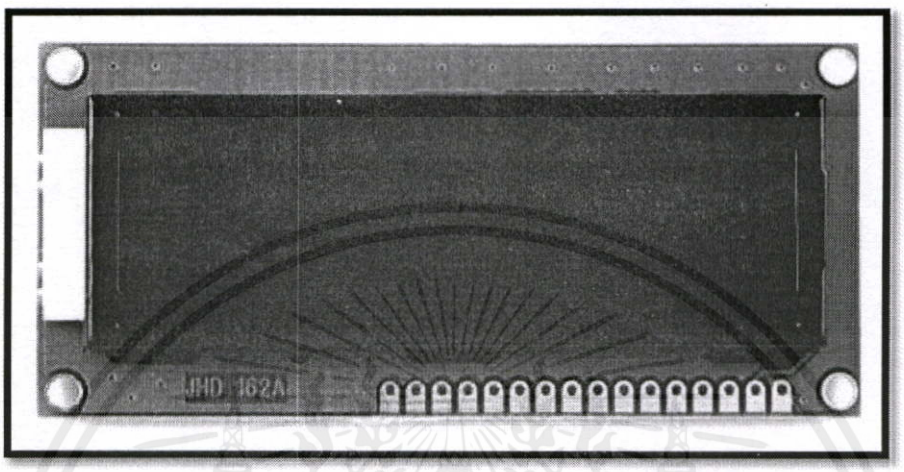


รูปที่ 2.7 โครงสร้างของบอร์ดอาดูโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โมดูลแอลซีดี (LCD Module)

โมดูลแอลซีดี ขนาด 16 x 2 รุ่น ACM1602B-FL-GBH แสดงผลหน้าจอได้ทั้งหมด 32 ตัวอักษร 2 บรรทัด แบ่งเป็นบรรทัดละ 16 ตัวอักษร มีหลอดไฟเป็นแสงสีเขียว สามารถแสดงผลได้แม้อยู่ในที่มีแสงสว่างน้อย



รูปที่ 2.8 โมดูลแอลซีดี

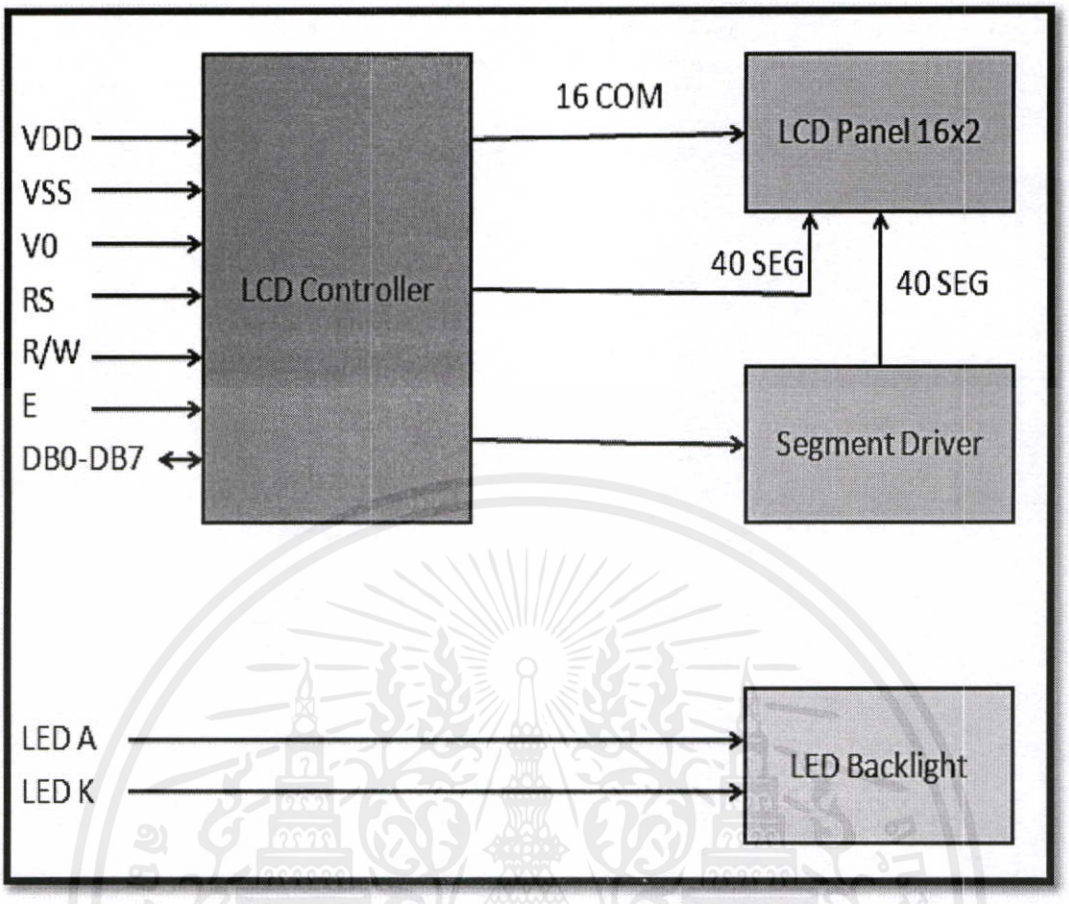
2.3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญ

1. ตัวควบคุม (Controller) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อควบคุมการทำงานภายในโมดุลแอลซีดี เช่น การแสดงตัวอักษร การลบข้อความ ฯลฯ

2. ตัวขับ (Driver) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูลจากตัวควบคุม เพื่อส่งข้อมูลไปที่ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด

3. ตัวแสดงผล (Dot Matrix Display) เป็นอุปกรณ์แสดงผลให้สามารถมองเห็นเป็นตัวอักษรหรืออักขระ ซึ่งภายในชุดแสดงผลให้เห็น โดยอาศัยการเปิดและปิดตัวเองกับแสงจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของโมดูลแอลซีดี

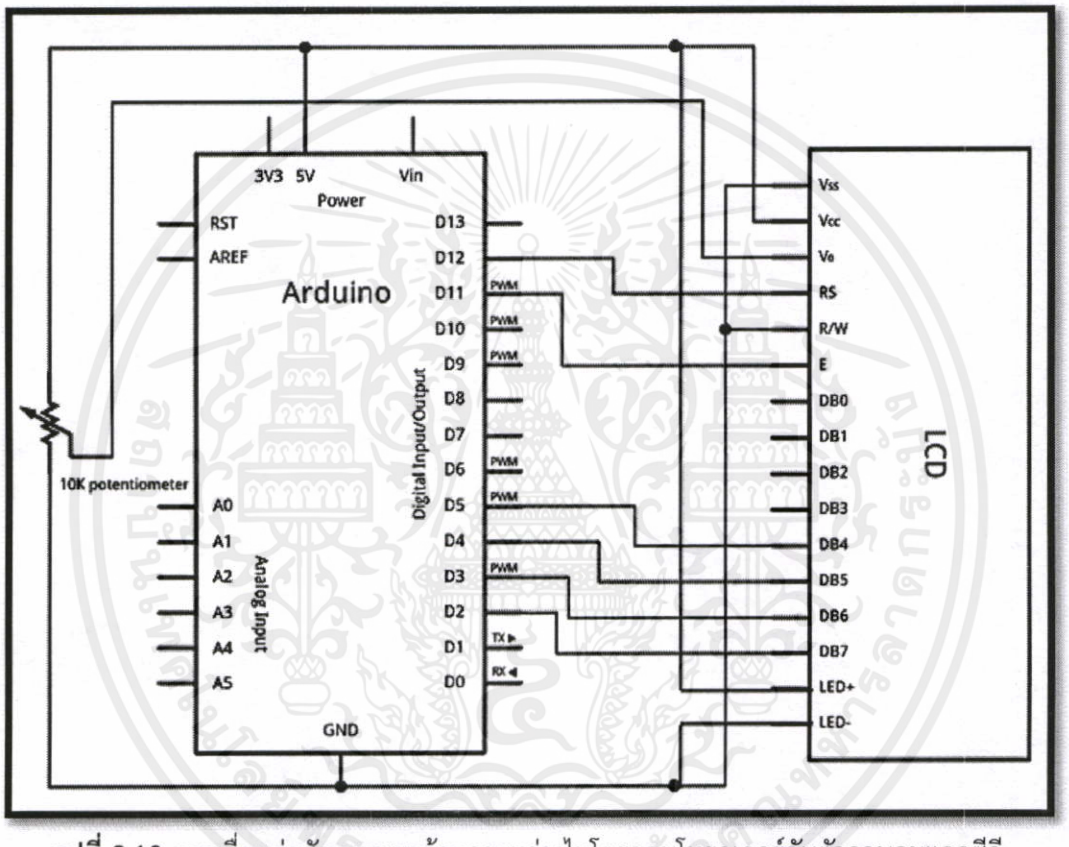
2.3.2 คุณสมบัติโมดูลแอลซีดี ขนาด 16 x 2

1. แสดงผล 16 x 2 ตัวอักษร
2. ใช้ไฟ 5.0 โวลต์
3. โมดูลขนาด 84.0 มิลลิเมตร (mm) x 44.0 มิลลิเมตร x 13.0 มิลลิเมตร
4. พื้นที่หน้าจอ 64.5 มิลลิเมตร x 16.4 มิลลิเมตร
5. ขนาดตัวอักษร 3.00 มิลลิเมตร x 5.20 มิลลิเมตร
6. หน้าจอสามารถเปิดไฟเป็นแสงสีเขียว (Backlight)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับตัวควบคุมแอลซีดี

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวควบคุมแอลซีดี สามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิต (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต (DB4-DB7) ทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา และสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างที่แน่นอนในการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ย่อมทำได้ช้ากว่า 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ในการต่อกับบอร์ดอาดูโน นิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 บิตเท่านั้น เพื่อเป็นการประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น ตัวอย่างเช่น บอร์ดอาดูโนมีขาให้ใช้งานค่อนข้างน้อย



รูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวควบคุมแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การใช้งานขาต่างๆ ของโมดูลแอลซีดี

ลำดับขา	ชื่อขา	การใช้งาน
1	Vss	เป็นกราวด์ ใช้ต่อระหว่างกราวด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี
2	Vdd	เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ต้องป้อนให้กับแอลซีดีมีขนาด +5 VDC
3	Vo	เป็นขาสำหรับปรับความสว่างของหน้าจอแอลซีดี
4	RS	ใช้สำหรับบอกให้ ตัวควบคุมแอลซีดีทราบว่าโค้ดที่ส่งให้ทางขา ข้อมูลเป็นคำสั่งหรือข้อมูล ถ้ากำหนดให้ RS เป็นลอจิก “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง ถ้ากำหนดให้ RS เป็นลอจิก “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นการแสดงผล
5	R/W	ใช้สำหรับกำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับตัวควบคุมแอลซีดีถ้า กำหนดให้ R/W เป็นลอจิก “0” จะเป็นการเขียนข้อมูลแก่แอลซีดี ถ้ากำหนดให้ R/W เป็น ลอจิก “1” จะเป็นการอ่านข้อมูลจากแอลซีดี
6	E	เป็นขา Enable เพื่อกำหนดการทำงานให้กับตัวควบคุมแอลซีดี
7-14	DB0-DB7	เป็นขาสัญญาณข้อมูลใช้สำหรับเขียน อ่านข้อมูลหรือคำสั่งตัวควบคุมแอลซีดี
15	A	ไฟเลี้ยง 5 โวลต์ สำหรับแสงสีเขียว
16	K	กราวด์ 0 โวลต์ สำหรับแสงสีเขียว

2.3.4 หน้าที่ของสัญญาณ

1. E เป็นสัญญาณ Enable โดยถ้า

   E = “1” หมายถึง แอลซีดีรู้ว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

   E = “0” หมายถึง แอลซีดีจะไม่สนใจสัญญาณ RS R/W และ DB7-DB0

2. RS เป็นสัญญาณสำหรับกำหนดให้แอลซีดีทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อกับแอลซีดี ในขณะนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือข้อมูล โดยถ้า

   RS = “0” หมายถึง คำสั่ง

   RS = “1” หมายถึง ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. R/W เป็นสัญญาณสำหรับบอกให้แอลซีดีทราบว่าอุปกรณ์ภายนอกต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับแอลซีดี โดยถ้า

R/W = “0” หมายถึง เขียน

R/W = “1” หมายถึง อ่าน

4. DB7-DB0 เป็นสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง โดยจะสัมพันธ์กับสัญญาณ R/W ใช้สำหรับรับสั่งคำสั่งและข้อมูลระหว่างแอลซีดีกับอุปกรณ์ภายนอก โดยถ้า

R/W = “0” หมายถึง สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจากอุปกรณ์ภายนอกมาที่แอลซีดี

R/W = “1” หมายถึง สัญญาณ DB7-DB0 จะส่งจากแอลซีดีไปยังอุปกรณ์ภายนอก

2.3.5 คำสั่งควบคุมแอลซีดี (LCD Controller)

คำสั่งสำหรับสั่งงานแอลซีดี มีทั้งหมด 11 คำสั่ง โดยในแต่ละคำสั่งนั้น จะมีหน้าที่การใช้งานและวิธีการสั่งงานที่แตกต่างกันไป โดยแอลซีดีสามารถรับรู้รหัสคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้จากสัญญาณ RS R/W และ DB7-DB0 ในขณะที่สัญญาณ E มีค่าลอจิกเป็น “1” ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะใช้ร่วมกันเพื่อกำหนดเป็นรหัสคำสั่งสำหรับสั่งงานแอลซีดี

1. เคลียร์การแสดงผล (Clear Display)

ตารางที่ 2.3 การใช้งานคำสั่งเคลียร์การแสดงผล

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

คำสั่งนี้จะใช้สำหรับลบข้อความหน้าจอทั้งหมด ทำให้หน้าจอว่างลงพร้อมกับกำหนดตำแหน่งของเคอร์เซอร์ (Cursor) ให้กลับไปเริ่มต้นยังตำแหน่งศูนย์ ซึ่งเมื่อได้รับคำสั่งควบคุมแอลซีดี จะทำการเขียนช่องว่าง (Space) เข้าไปในแอดเดรสของ DDR RAM (Double Data Rate Synchronous Dynamic Random-Access Memory) ทุก ๆ ตำแหน่ง เพื่อทำให้หน้าจอว่างเปล่าพร้อมกับกำหนดค่าของ DDR RAM ให้กลับมาเริ่มต้นที่ตำแหน่งศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำสั่งเลื่อนเคอร์เซอร์ไปตำแหน่งแรก (Return Home)

ตารางที่ 2.4 การใช้งานคำสั่งเลื่อนเคอร์เซอร์ไปตำแหน่งแรก

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

เมื่อได้รับคำสั่งนี้ จะมีผลทำให้ตำแหน่งเคอร์เซอร์ กลับไปเริ่มต้นในตำแหน่งแรก โดยแอลซีดีจะทำการกำหนดค่าให้กับตำแหน่งแอดเดรสของ DDR RAM กลับมามีค่าศูนย์ ส่วนข้อความเดิมที่แสดงผลไว้ในหน้าจอจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ

3. คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry Mode Set)

ตารางที่ 2.5 การใช้งานคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

คำสั่งนี้จะใช้สำหรับกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลและตำแหน่งของเคอร์เซอร์ เมื่อมีการเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดีในแต่ละครั้ง

บิต I/D เป็นบิตสำหรับกำหนดว่า เมื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับแอลซีดีในแต่ละครั้งแล้ว จะให้ตำแหน่งเคอร์เซอร์แอดเดรสของ DDR RAM เพิ่มค่าหรือลดลง 1 ค่า โดยถ้าบิต I/D มีค่าเป็น “1” จะทำให้เคอร์เซอร์เพิ่มค่าขึ้น 1 แต่ถ้ากำหนดให้บิต I/D มีค่าเป็น “0” จะทำให้เคอร์เซอร์ลดค่าลง 1

บิต S จะใช้กำหนดลักษณะการดันข้อมูลหน้าจอ โดยถ้า S มีค่าเป็น “1” เมื่อมีการเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดีในแต่ละครั้ง จะทำให้ตำแหน่งของเคอร์เซอร์อยู่กับที่ ส่วนข้อมูลจะถูกดันไปทางซ้าย 1 ตำแหน่งและถ้าบิต S มีค่าเป็น “0” เมื่อมีการเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดีแต่ละครั้งจะทำให้ข้อมูลอยู่กับที่ แต่ตำแหน่งเคอร์เซอร์จะถูกดันไปทางขวา 1 ตำแหน่งแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำสั่งควบคุมการแสดงผล (Display ON/OFF Control)

ตารางที่ 2.6 การใช้งานคำสั่งควบคุมการแสดงผล

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

คำสั่งนี้จะใช้สำหรับกำหนดรูปแบบการแสดงผลของเคอร์เซอร์และหน้าจอแสดงผลทั้งหมดของแอลซีดี โดยมีบิตข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดดังต่อไปนี้

บิต D เป็นบิตสำหรับกำหนดว่า จะให้เปิดหรือปิดหน้าจอแสดงผล โดยถ้าบิต D มีค่าเป็น “1” จะทำให้หน้าจอเปิด แต่ถ้าบิต D มีค่าเป็น “0” จะทำให้หน้าจอปิด

บิต C จะใช้กำหนดการแสดงผลของเคอร์เซอร์ โดยถ้า C มีค่าเป็น “1” จะกำหนดให้ เคอร์เซอร์แสดงผล แต่ถ้า C มีค่าเป็น “0” จะไม่มีการแสดงผลของเคอร์เซอร์

บิต B จะใช้สำหรับกำหนดการกระพริบของเคอร์เซอร์ โดยถ้า B มีค่าเป็น “1” จะกำหนดให้เคอร์เซอร์กระพริบ แต่ถ้าบิต B นี้มีค่าเป็น “0” จะไม่มีการกระพริบของเคอร์เซอร์

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร (Cursor on Display Shift)

ตารางที่ 2.7 การใช้งานคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดรูปแบบการเลื่อนของเคอร์เซอร์ของข้อมูลแอลซีดี เมื่อมีการอ่าน/เขียนข้อมูลกับแอลซีดีในแต่ละครั้ง โดยมีบิตข้อมูลทั้งหมดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ลักษณะการเลื่อนของเคอร์เซอร์และข้อมูลหน้าจอ

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อนของเคอร์เซอร์และข้อมูลหน้าจอ
0	0	ย้ายตำแหน่งเคอร์เซอร์จากเดิมไปทางซ้าย 1 ตำแหน่ง
0	1	ย้ายตำแหน่งเคอร์เซอร์จากเดิมไปทางขวา 1 ตำแหน่ง
1	0	ดันตัวอักษรที่เกิดใหม่ให้เลื่อนไปทางซ้าย 1 ตำแหน่ง (แทรกตัวอักษรไปทางซ้าย)
1	1	ดันตัวอักษรที่เกิดใหม่ให้เลื่อนไปทางขวา 1 ตำแหน่ง (แทรกตัวอักษรไปทางขวา)

6. คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน (Function Set)

ตารางที่ 2.9 การใช้งานคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

คำสั่งนี้จะใช้สำหรับกำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างคำสั่งควบคุมแอลซีดีกับคอมพิวเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ว่า จะให้มีการติดต่อกันแบบ 4 บิต หรือ 8 บิต และจะมีขนาดหน้าจอเป็นเท่าใด

บิต DL เป็นบิตสำหรับกำหนดว่า จะให้มีการติดต่อกันแบบ 4 บิต หรือ 8 บิต โดยถ้ากำหนดให้ DL มีค่าเป็น “0” จะเป็นการติดต่อกันแบบ 4 บิต และถ้า DL มีค่าเป็น “1” จะเป็นการติดต่อกันแบบ 8 บิต

บิต N จะใช้กำหนดจำนวนบรรทัดในการแสดงผลของแอลซีดี โดยถ้า N มีค่าเป็น “0” จะกำหนดให้แสดงผลแบบ 1 บรรทัด แต่ถ้าบิต N นี้มีค่าเป็น “1” จะใช้กับแอลซีดี ที่มีขนาด 1 บรรทัดขึ้นไป

บิต F จะใช้กำหนดขนาดของตัวอักษรที่จะให้เกิดทางหน้าจอ โดยถ้า F มีค่าเป็น “1” จะกำหนดให้ตัวอักษรมีขนาด 5 x 10 จุด แต่ถ้าบิต F มีค่าเป็น “0” จะเป็นการกำหนดขนาดตัวอักษรเป็น 5 x 7 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CG RAM (Character Generator Random Access Memory)

ตารางที่ 2.10 การใช้งานคำสั่งเลือกแอดเดรสของ CG RAM

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	0	1	A	A	A	A	A	A

คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของ CG RAM โดยต้องทำการกำหนดค่าแอดเดรสให้กับ CG RAM นี้ทุกครั้งเมื่อต้องการอ่านหรือเขียนค่าให้กับ CG RAM โดยค่าตำแหน่งแอดเดรสจะกำหนดโดยบิต DB0-DB5 ของรหัสคำสั่ง

8. การใช้งานคำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDR RAM

ตารางที่ 2.11 คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDR RAM

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	0	1	A	A	A	A	A	A	A

คำสั่งนี้ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งแอดเดรสของ DDR RAM หรือตำแหน่งของเคอร์เซอร์สำหรับแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดี ซึ่งตามปกติแล้วเมื่อมีการอ่านหรือเขียนค่าตัวอักษรให้กับแอลซีดีในแต่ละครั้ง ค่าตำแหน่งของ DDR RAM หรือเคอร์เซอร์จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ตำแหน่งโดยอัตโนมัติเสมอ แต่ผู้ใช้งานก็สามารถกำหนดตำแหน่งแอดเดรสให้กับ DDR RAM ณ ตำแหน่งใดๆ ของหน้าจอก็ได้ โดยต้องกำหนดค่าแอดเดรสนี้ก่อนทำการอ่านหรือเขียนค่าให้กับ CG RAM เสมอโดยค่าตำแหน่งแอดเดรสจะกำหนดโดยบิต DB6-DB0 ของรหัสคำสั่ง ซึ่งตำแหน่งแอดเดรสเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า N ในคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน ด้วย คือ

ถ้ากำหนดค่า N เป็น “1” (2 บรรทัด) ค่าแอดเดรสบรรทัดที่ 1 จะอยู่ที่ 00H-27H

ถ้ากำหนดค่า N เป็น “0” (1 บรรทัด) ค่าแอดเดรสจะอยู่ระหว่าง 00H-4FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 ตารางแสดง DDR RAM แอลซีดีแบบจุด (Dot Matrix LCD) ขนาด 16 x 1

00	01	02	03	04	05	06	07	40	41	42	43	44	45	46	47

ตารางที่ 2.13 ตารางแสดง DDR RAM แอลซีดีแบบจุด ขนาด 16 x 2

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

ตารางที่ 2.14 ตารางแสดง DDR RAM แอลซีดีแบบจุด ขนาด 16 x 4

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F

9. การอ่าน Busy Flag And Address Counter

ตารางที่ 2.15 การอ่าน Busy Flag And Address Counter

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	0	1	BF	A	A	A	A	A	A	A

คำสั่งนี้ใช้สำหรับอ่านค่า Busy Flag ซึ่งเป็นบิตสถานะของคำสั่งควบคุมแอลซีดีว่ากำลังอยู่ในสภาวะทำงานภายในหรือพร้อมที่จะรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ซึ่งทุกครั้งที่ต้องการติดต่อกับแอลซีดี จะต้องอ่านค่าสถานะของ Busy Flag ก่อนเสมอ เพราะถ้าส่งข้อมูลหรือคำสั่งในกับแอลซีดี โดยไม่ทำการตรวจสอบความพร้อมของแอลซีดีก่อนแล้วแอลซีดีอาจไม่รับรู้คำสั่งหรือข้อมูลที่ส่งไปให้ ทำให้การทำงานผิดพลาดได้

สำหรับคำสั่งนี้เมื่ออ่านค่าเข้ามาแล้ว จะได้ค่าตำแหน่งแอดเดรสของ CG RAM หรือ DDR RAM ออกมาด้วยในตำแหน่งบิต DB6-DB0

ถ้าอ่านค่า BF = “1” แสดงว่าแอลซีดีกำลังทำงานภายในอยู่ ไม่สามารถส่งข้อมูลหรือคำสั่งให้กับแอลซีดีในช่วงเวลานี้ได้

ถ้าอ่านค่า BF = “0” แสดงว่าแอลซีดีพร้อมรับคำสั่งหรือข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การเขียนข้อมูลใน CG RAM หรือ DDR RAM

ตารางที่ 2.16 การเขียนข้อมูลใน CG RAM หรือ DDR RAM

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	1	0	D	D	D	D	D	D	D	D

คำสั่งนี้จะใช้สำหรับเขียนข้อมูลหรือรหัสตัวอักษรไปให้กับแอลซีดี โดยเมื่อทำการเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดีแต่ละครั้ง จะทำให้ค่าตำแหน่งแอดเดรสเพิ่มหรือลดลงครั้งละ 1 ตำแหน่ง ขึ้นอยู่กับการกำหนดรูปแบบในคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล ซึ่งคำสั่งนี้จะทำหน้าที่เขียนข้อมูลให้กับ CG RAM หรือ DDR RAM นั้น จะขึ้นอยู่กับว่าก่อนใช้คำสั่งนี้ ได้ทำการกำหนดค่าตำแหน่ง แอดเดรส เป็นของ CG RAM หรือ DDR RAM ไว้

11. คำสั่งอ่านข้อมูลจาก CG RAM หรือ DDR RAM

ตารางที่ 2.17 การใช้งานคำสั่งอ่านข้อมูลจาก CG RAM หรือ DDR RAM

สัญญาณ	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
รหัสคำสั่ง	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D

คำสั่งนี้จะใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก CG RAM หรือ DDR RAM โดยทุกๆ ครั้งก่อนที่จะทำการอ่านค่าจาก CG RAM หรือ DDR RAM ต้องทำการกำหนดค่าแอดเดรส ที่จะอ่านก่อนทุกครั้งว่าต้องการจะอ่านค่าของ CG RAM หรือ DDR RAM โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CG RAM หรือคำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDR RAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โมดูลแป้นพิมพ์ (Keypad Module)

แป้นพิมพ์ หมายถึง อุปกรณ์อ่านค่าอินพุตต่อเข้ากับปุ่มกดจำนวนของแป้นพิมพ์ จะเท่ากับขาพอร์ตของที่ใช้งานซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองขาพอร์ตจึงมีการต่อใช้สวิตช์จำนวนมากนี้แบบรูปของสวิตช์เมตริก (Matrix Switch) จึงทำให้ลดการใช้พอร์ตได้เป็นอย่างดี

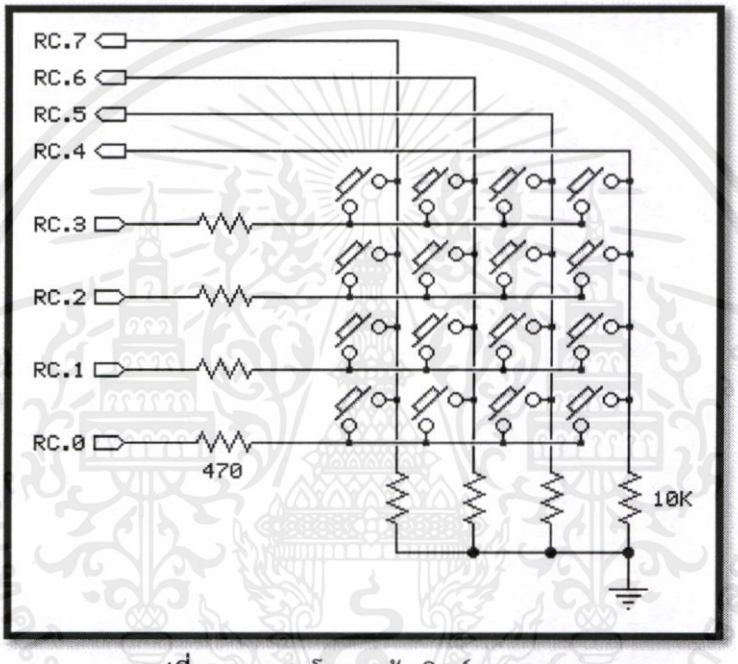
การต่อใช้งานแป้นพิมพ์เมตริกสวิตช์จะต่อใช้งานแบบพูลอัพ ดังนั้นสถานะของสวิตช์จะมีสถานะเป็น “1” ทั้งหมด เมื่อต้องการอ่านค่าของแป้นพิมพ์ เราจะต้องกำหนดค่าของหลัก (Column) ให้สถานะเป็น “0” เพราะหลักนั้นจะเป็นการควบคุมสัญญาณ หากสวิตช์แถวไหน มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าแถวนั้นมีการกดสวิตช์

รูปที่ 2.11 โมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 โครงสร้างโมดูลแป้นพิมพ์ขนาด 4 x 4

แป้นพิมพ์ขนาด 4 x 4 เป็นชุดเมตริกคีย์บอร์ด 4 x 4 โดยจะมีขาใช้ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 8 ขา โดย ขา 1-ขา 4 (หลัก) จะใช้ต่อเป็นอินพุต เพื่อให้ MCU อ่านค่ารหัสของคีย์ที่ถูกกด ส่วน ขา 5-ขา 8 (แถว) ใช้ต่อเป็นเอาต์พุตเพื่อให้ MCU ส่งลอจิก “0” มาทำการสแกนคีย์ในแต่ละแถว การทำงานนั้น MCU จะอ่านสถานะทางลอจิกของคีย์แต่ละหลักเข้ามาทาง ขา 1-ขา 4 ซึ่งถ้าไม่มีการกดคีย์จะอ่านลอจิกได้ 1 ถ้ามีการกดคีย์ลอจิกที่อ่านได้ในหลักนั้นจะเป็น 0 แต่ก่อนที่จะอ่านค่าลอจิกแต่ละหลัก MCU จะต้องให้ลอจิก 0 แก่แถวของคีย์ ขา 5-ขา 8 ในการอ่านลอจิกเข้ามาแต่ละครั้งเสมอ



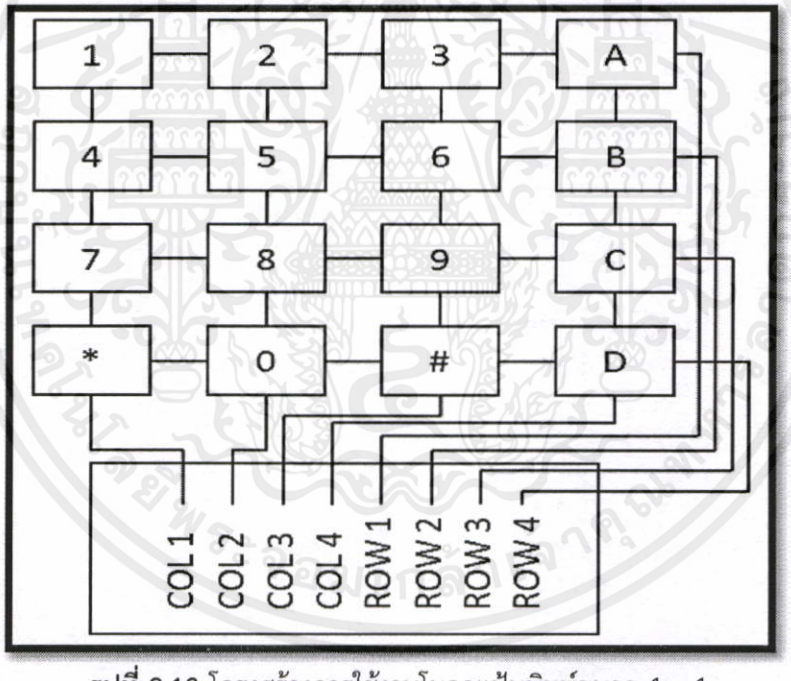
รูปที่ 2.12 วงจรโมดูลแป้นพิมพ์ขนาด 4 x 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การใช้งานโมดูลแป้นพิมพ์ ขนาด 4 x 4

แป้นพิมพ์ เป็นอุปกรณ์สำหรับรับอินพุตจากผู้ใช้ มีลักษณะเป็นปุ่มกดหลายปุ่ม ถูกจัดเรียงกันในลักษณะเป็นอาร์เรย์ แบ่งเป็นแถวแนวนอน (แถว) และแถวแนวตั้ง (หลัก) เช่น 3 x 4 (12 ปุ่ม) หรือ 4 x 4 (16 ปุ่ม) เป็นต้น แต่ละปุ่มก็จะมีสัญลักษณ์เขียนกำกับไว้ เช่น ตัวเลข 0-9, #, * เป็นต้น โดยปกติ ถ้าต่อปุ่มกดแยกจำนวน 16 ตัว จะต้องใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 16 ขา แต่ถ้าใช้การจัดเรียงแบบ 4 x 4 จะใช้ขาสัญญาณเพียง 8 ขา แต่ต้องมีเทคนิคในการตรวจดูว่า ปุ่มกดใดถูกกดบ้างในขณะนั้น วิธีการนี้เรียกว่า การสแกนปุ่มกด (Key Scan)

แป้นพิมพ์ 4 x 4 มีสายเชื่อมต่อและคอนเนกเตอร์ (Connector) จำนวน 8 ขา แบบตัวเมียถ้าต้องการเสียบขาลงบนบอร์ด ก็สามารถใช้ ขาตัวผู้ เป็นตัวเชื่อมต่อได้ ขาทั้ง 8 นั้น ถ้ามองจากด้านหน้าและนับจากซ้ายไปขวา จะเป็นขาหมายเลข 1-8 ตามลำดับ โดยที่ขา 1-4 จะเป็นขาสำหรับแถวแนวนอน (แถว) และขา 5-8 จะเป็นขาแนวตั้ง (หลัก) ในการใช้งานร่วมกับบอร์ดอาดูโนจะต้องต่อตัวต้านทานแบบพูลอัพ (Pull Up) เช่น 1 กิโลโอห์ม (kΩ) ถึง 10 กิโลโอห์ม เฉพาะที่ขาแนวตั้งแต่ละขาด้วย รวมทั้งหมด 4 ตัว

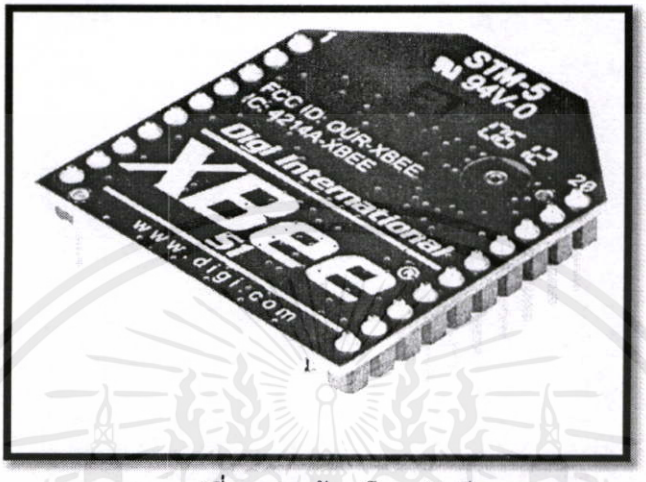


รูปที่ 2.13 โครงสร้างการใช้งานโมดูลแป้นพิมพ์ขนาด 4 x 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โมดูลซิกบี (Zigbee Module)

โมดูลซิกบีเป็นอุปกรณ์ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์และไอซี (IC : Integrated Circuit) อยู่ภายใน โดยทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งสัญญาณ โดยอยู่ในย่านความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ (GHz) โดยมีการใช้พลังงานต่ำ โดยสามารถนำขาของซิกบีนำไปต่อเข้าขาของไมโครคอนโทรเลอร์ได้เลย



รูปที่ 2.14 หน้าตาโมดูลซิกบี

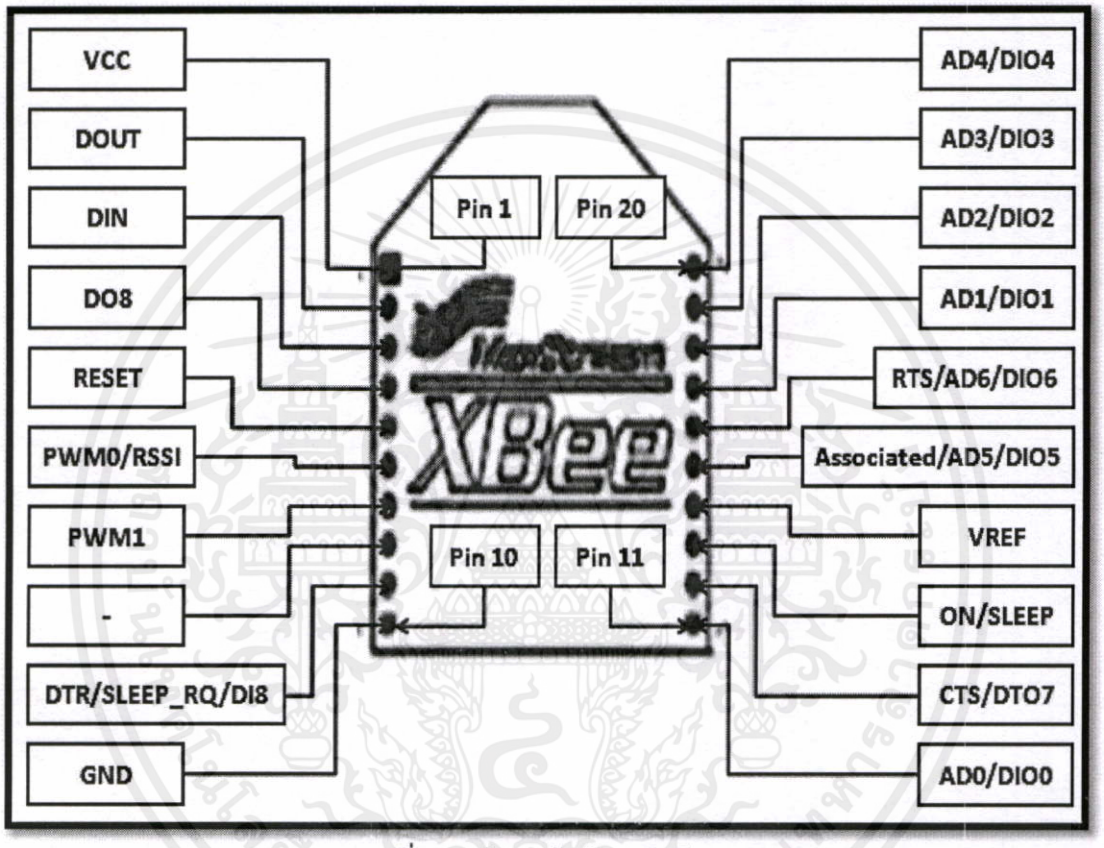
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของโมดูลซิกบี

1. ความถี่ในการทำงาน 2.4 จิกะเฮิรตซ์
2. มีสายอากาศแบบวิฟ (Whip)
3. ระยะการทำงานในที่ร่มประมาณ 100 เมตร (m)
4. ระยะการทำงานกลางแจ้งประมาณ 1,500 เมตร
5. กำลังส่ง 60 มิลลิวัตต์ (mW)
6. ความไวในการรับสัญญาณ -100 เดซิเบลมิลลิวัตต์ (dBm)
7. ต้องการไฟเลี้ยง 2.4-3.8 โวลต์
8. สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์ Master และ Slave ได้
9. โดยมีอัตราการถ่ายทอดข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ 250,000 บิต/นาที (Bits/Min)
10. อัตราการถ่ายทอดข้อมูลอนุกรม 1,200-115,200 บิต/นาที
11. รูปแบบโครงข่ายที่รองรับแบบจุดต่อจุด (Point to Point) แบบจุดต่อหลายจุด (Point to Multipoint) และเข้ากันได้กับอุปกรณ์ตามมาตรฐานรหัส IEEE 802.15.4
12. เทคโนโลยีการกระจายคลื่น DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 โครงสร้างโมดูลซิกบี

โมดูลซิกบีมี 20 ขา โดยมีขาที่เป็นดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุตและวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อก เป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต แต่ไม่สามารถนำซิกบีต่อลงโฟโต้บอร์ด (Proto Board) ได้โดยตรงเพราะความห่างช่องขาของซิกบีแคบกว่าช่องโฟโต้บอร์ด ดังนั้นจะต้องทำพีซีบี (PCB) ขึ้นมาเพื่อต่อใช้งานหรือหาซ็อกเก็ต (Socket) แปลงขาใช้งานเป็นระยะห่างมาตรฐานเท่ากับ 2.54 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.15 โครงสร้างโมดูลซิกบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

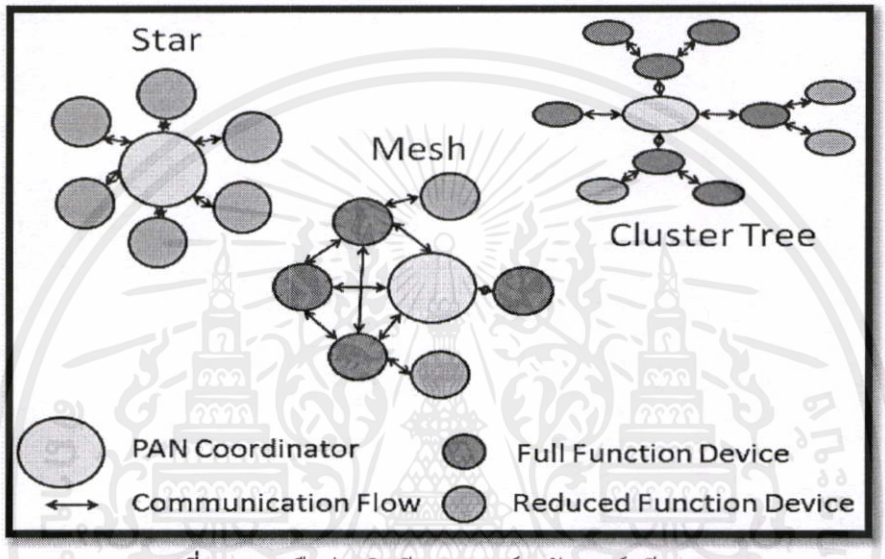
ตารางที่ 2.18 การใช้งานขาต่าง ๆ ของโมดูลซิกบี

ลำดับขา	ชื่อขา	การใช้งาน
1	Vcc	ขาต่อไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์
2	DOUT	ขาต่อเอาต์พุตส่งข้อมูลอนุกรม
3	DIN	ขาอินพุตรับข้อมูลอนุกรม
4	DO8	ขาเอาต์พุตดิจิตอล
5	RESET	ขารีเซ็ตหลักแอกทีฟ “0”
6	PWM0/RSSI	ขาเอาต์พุต PWM และขาเอาต์พุตแสดงความแรงของการรับสัญญาณ
7	PWM1	ขาเอาต์พุต PWM
8	-	ไม่ใช้งาน
9	DTR/SLEEP_RQ/DI8	ขาอินพุตรับสัญญาณให้หยุดการทำงานเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) หรือเป็นขาอินพุตดิจิตอล
10	GND	ขาต่อกราวด์
12	CTS/DTO7	อินพุตรับสัญญาณแจ้งการส่งข้อมูลจากโฮสต์ (Host) ใช้ในการควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล (Clear to Send) หรือเป็นขาอินพุตดิจิตอล
13	ON/SLEEP	ขาแสดงการทำงาน ถ้าเป็น “1” อยู่ในโหมดทำงานปกติ (Normal Mode) ถ้าเป็น “0” อยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน
14	VREF	ขาต่อแรงดันอ้างอิงสำหรับโมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล
15	Associated/AD5/DIO5	ขาแสดงสถานการณ์เชื่อมต่อหรือขาอินพุตแอนะล็อกหรือขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
16	RTS/AD6/DIO6	ขาเอาต์พุตแจ้งความพร้อมในการส่งข้อมูล (Ready to Send) หรือขาอินพุตแอนะล็อกหรือขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
11,17-20	AD4/DIO4- AD0/DIO0	ขาอินพุตแอนะล็อกหรือขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ทอพอโลยีของเทคโนโลยีซิกบี

ทอพอโลยี (Topology) ที่เชื่อมต่อเป็นเครือข่ายเพื่อใช้งานของโปรโตคอลซิกบี (Zigbee Protocol) ที่ใช้งานในเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคลที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำนั้นจะทำงาน 3 แบบคือ แบบสตาร์ (Star) แบบคลัสเตอร์ทรี (Cluster Tree) และแบบเมช (Mesh) การเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายของโปรโตคอลซิกบี โดยมีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไร้สายชนิดที่มีโปรโตคอลซิกบีสามารถทำได้โดยผ่านอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตอร์ (PAN Coordinator) สำหรับการเชื่อมต่อแบบระดับเดียวเป็นการเชื่อมต่อเพื่อขยายโครงข่ายให้กว้างออกไป



รูปที่ 2.16 เครือข่ายซิกบีแบบสตาร์ คลัสเตอร์ทรีและเมช

2.5.4 การทำงานของโมดูลซิกบี

โมดูลซิกบีได้แบ่งตามลักษณะการทำงานเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. แบบโคออดิเนเตอร์ (Coordinator) มีหน้าที่

1.1 สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงเครือข่าย ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับเราท์เตอร์หรือโคออดิเนเตอร์กับโคออดิเนเตอร์หรือโคออดิเนเตอร์กับเราท์เตอร์

1.2 กำหนดเลขที่อยู่ให้กับอุปกรณ์ที่อยู่ในวงเครือข่ายไม่ให้ซ้ำกัน ดูแลจัดการเรื่องการหาเส้นทาง ซึ่งเทียบได้กับอุปกรณ์ FFD (Full Function Device)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบอุปกรณ์ปลายทาง (End Device) มีหน้าที่ในการรับสัญญาณจากตัวรับปลายทาง โดยที่ใช้พลังงานต่ำในการทำงาน เทียบได้กับอุปกรณ์ RFD (Reduce Function Device) หรืออุปกรณ์ FFD บางกรณี ขึ้นอยู่กับตัวรับรู้ที่ใช้

3. แบบเราท์เตอร์ (Router) มีหน้าที่รับส่งข้อมูล ในเส้นทางต่างๆ ของเครือข่าย ซึ่งเทียบได้กับอุปกรณ์ FFD

2.5.5 สายอากาศโมดูลซิกบี

การเลือกโมดูลซิกบีแบบสำเร็จรูปพร้อมใช้ทำให้ไม่ต้องหาสายอากาศมาต่อเพิ่มคือสายอากาศแบบชิพแอนท์ (Chip Ant) และวิฟแอนท์ (Whip Ant) ซึ่งรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นจะบ่งบอกเราอย่างหนึ่งได้ว่าสายอากาศนี้จะมีอัตราการขยายดีอย่างไร

แบบชิพแอนท์จะมีข้อดีตรงที่มันทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมเล็กลงแต่อัตราการขยาย (Gain) น้อยกว่าแบบวิฟแอนท์ ดังนั้นแบบชิพแอนท์จึงมีระยะรับส่งข้อมูลลดลง

ตารางที่ 2.19 การเปรียบเทียบซิกบีกับซิกบีโปร

โมดูล	ประเภท	ระยะสัญญาณสูงสุด	ระยะสัญญาณต่ำสุด
ซิกบี	ชิพ (Chip)	143 เมตร	24 เมตร
	วิฟ (Whip)	258 เมตร	24 เมตร
ซิกบีโปร	ชิพ	515 เมตร	43 เมตร
	วิฟ	1335 เมตร	43 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 กำหนดค่าประจำตัวอ้างอิงของโมดูลซิกบี

โมดูลซิกบีจะสามารถกำหนดค่าแอดเดรส 2 แบบ คือ แบบ 16 บิตและ 64 บิต ปกติแล้วซิกบีทุกตัวจะถูกกำหนดค่าแอดเดรสมาจากโรงงานเป็นแอดเดรส 64 บิต อยู่แล้วซึ่งจะสามารถอ่านค่าได้จากพารามิเตอร์ SH+SL การใช้งานแอดเดรส 64 บิต สามารถทำได้โดยกำหนดพารามิเตอร์ MY ให้มีค่า 0 x FFFF หรือ 0 x FFFE ส่วนการกำหนดแอดเดรส 16 บิต ทำได้โดยกำหนดพารามิเตอร์ MY ให้มีค่าน้อยกว่า 0 x FFFE โดยจะเรียกเป็นโหมดการทำงานสองประเภทคือ

1. ยูนิเคสโหมด (Uncast Mode) คือ การส่งข้อมูลไปยังปลายทาง ถ้าตัวส่งไม่ได้รับการตอบกลับจากตัวรับก็จะทำการส่งข้อมูลใหม่
2. บอร์ดเคสโหมด (Broadcast Mode) คือ การส่งข้อมูลไปยังปลายทางให้ได้รับข้อมูลทุกตัว

2.5.7 โหมดการทำงานของโมดูลซิกบี

โมดูลซิกบีสามารถแบ่งช่วงการทำงานได้เป็น 5 แบบ คือ

1. โหมดไอเดิล (Idle Mode) โหมดนี้จะเป็นโหมดที่ไม่ได้รับส่งข้อมูล ตัวซิกบีเตรียมที่จะทำงานในโหมดอื่น ๆ ต่อไปทันทีหากมีเงื่อนไขบางอย่าง
2. โหมดรีซีฟ (Receive Mode) คือ ช่วงที่ซิกบีมีการรับโดยจะแบ่งลักษณะการทำงานย่อยออกเป็นไดเร็ค (Direct) กับแบบอินไดเร็ค (Indirect) การกำหนดแอดเดรส ต้นทางและปลายทางเคลียร์แชลนอลแอสเซสเมนท์ (Clear Channel Assessment) และการตอบรับหลักแอคโนเลจเมนท์
3. โหมดทรานสมิต (Transmit Mode) คือ การส่งข้อมูลโดยจะแบ่งลักษณะการทำงานย่อยเหมือนโหมดรีซีฟ
4. โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) คือ ช่วงที่ซิกบีอยู่ในสถานการณ์ทำงานพลังงานต่ำที่สุดเมื่อไม่มีการใช้งาน
5. โหมดคอมมานด์ (Command Mode) คือ เป็นส่วนการปรับพารามิเตอร์ของซิกบีซึ่งจะมีการกำหนด 2 แบบคือ แบบเอทีคอมมานด์ (AT Command) กับแบบเอพีไอคอมมาน (API Command)

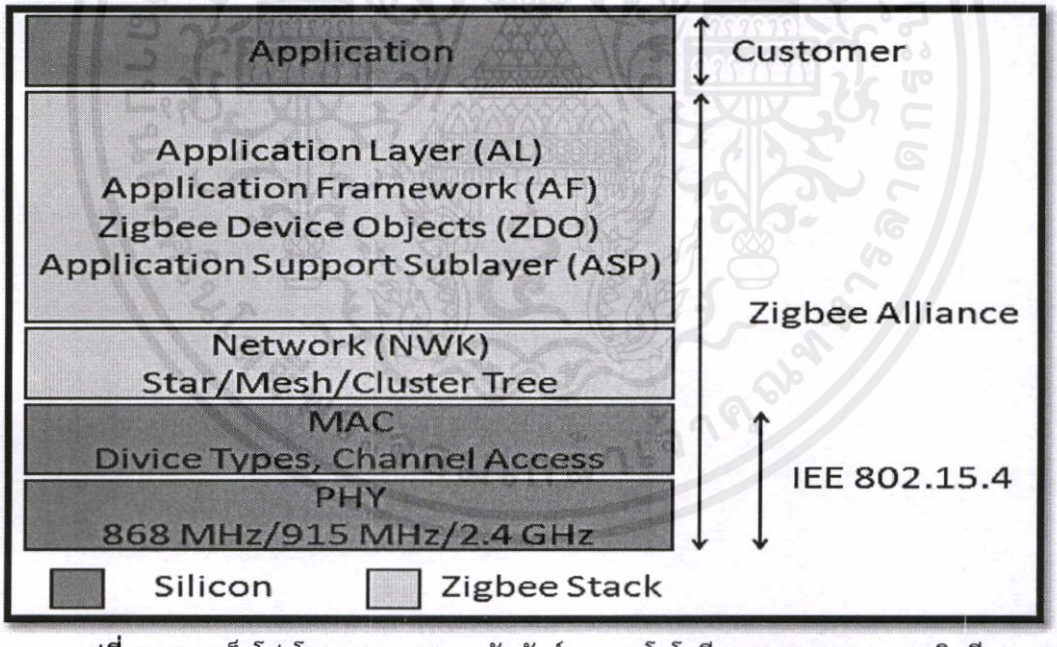
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 มาตรฐานของระบบ IEEE 802.15.4

2.6.1 การทำงานของโปรโตคอล IEEE 802.15.4 ระดับชั้นกายภาพ

การทำงานของโปรโตคอล IEEE 802.15.4 ในระดับชั้นกายภาพ มีการกำหนดมาตรฐาน IEEE 802.15.4 สำหรับการรับส่งข้อมูลเบื้องต้นในวงจรเครื่องรับส่งวิทยุและการควบคุมการรับส่งในชั้นเชื่อมโยง โดยมุ่งเน้นที่ความน่าเชื่อถือ ความสะดวกต่อการใช้งาน การบริโภคพลังงานต่ำและต้นทุนต่ำ

การสื่อสารใช้คลื่นวิทยุความถี่ 2.4 จิกะเฮิรตซ์ แบ่งออกเป็น 16 ช่องสัญญาณๆ ละ 5 เมกะเฮิรตซ์ สำหรับความถี่ 900 เมกะเฮิรตซ์ แบ่งออกเป็น 10 ช่องสัญญาณๆ ละ 2 เมกะเฮิรตซ์ ใช้การรุกล้ำสัญญาณแบบ OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) และใช้การแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนแบบ DSSS ที่มีอัตราการสเปรดดิ้ง (Spreading) 2 เมกะชิพ/วินาที (Mchip/s) ควบคุมการรับส่งข้อมูลโดยใช้โปรโตคอลแบบ CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) และเพื่อให้การสื่อสารเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายเป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงกำหนดมาตรฐานเพิ่มสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายและการนำไปใช้งานที่ระดับชั้นโปรแกรมประยุกต์ร่วมกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานใหม่ที่กำหนดโดยองค์กร Zigbee Alliance



รูปที่ 2.17 สแต็กโปรโตคอลแสดงความสัมพันธ์ของเทคโนโลยี IEEE 802.15.4 และซิกบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 กำหนดให้มีการใช้งานในย่านความถี่ที่เป็นความถี่สาธารณะ (License Free Industrial Scientific Medical Frequency Bands : ISM) อยู่ 3 ความถี่โดยที่ความถี่ 2.4-2.4835 จิกะเฮิรตซ์ สามารถใช้งานได้ทั่วโลกและความถี่ 868-870 เมกะเฮิรตซ์ และ 902-928 เมกะเฮิรตซ์ ใช้งานได้ในพื้นที่ของทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปยุโรป ประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งาน ดังนี้

1. ที่ความถี่ 2.4-2.4835 จิกะเฮิรตซ์ โดยมีอัตราบิต 250 กิโลบิต/วินาที (kb/s) มีจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานทั้งหมด 16 ช่องคือ ช่องสัญญาณที่ 11-26
2. ที่ความถี่ 868-870 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีอัตราบิต 20 กิโลบิต/วินาที มีจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งาน 1 ช่องสัญญาณคือ ช่องสัญญาณที่ 0
3. ที่ความถี่ 902-928 เมกะเฮิรตซ์ โดยมีอัตราบิต 40 กิโลบิต/วินาที มีจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานทั้งหมด 10 ช่องสัญญาณคือ ช่องสัญญาณที่ 1-10

ตารางที่ 2.20 การแบ่งย่านความถี่และจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้งานตามมาตรฐาน

ความถี่	2.4 จิกะเฮิรตซ์	915 เมกะเฮิรตซ์	868 เมกะเฮิรตซ์
ชนิดความถี่ใช้งาน	ความถี่สาธารณะ (ISM)	ความถี่สาธารณะ (ISM)	ความถี่สาธารณะ (ISM)
พื้นที่ใช้งาน	ทั่วโลก	ทวีปอเมริกา	ทวีปยุโรป
อัตราการส่งข้อมูล	250 กิโลบิต/วินาที	40 กิโลบิต/วินาที	20 กิโลบิต/วินาที
จำนวนช่องสัญญาณ	16 ช่อง	10 ช่อง	1 ช่อง

ตารางที่ 2.21 การใช้งานย่านความถี่และการแบ่งช่องสัญญาณที่ใช้งานตามมาตรฐาน

PHY (MHz)	ช่วงความถี่ (MHz)	Spreading Parameters		Data Parameters		
		Chip Rate (kchip/s)	ชนิดรุกล้ำสัญญาณ	อัตราบิต (kbits/s)	อัตราสัญลักษณ์ (ksymbol/s)	สัญลักษณ์ (Symbol)
868/915	868-868.6	300	BPSK	20	20	ฐานสอง (Binary)
	902-928	600	BPSK	40	40	ฐานสอง (Binary)
2450	2400-2483.5	2000	OQPSK	250	62.5	(16 Aryorthogonal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายของโปรโตคอล IEEE 802.15.4 โดยมีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ไร้สายชนิดที่มีโปรโตคอล IEEE 802.15.4 สามารถทำได้โดยผ่านอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตอร์ (PAN Coordinator) สำหรับการเชื่อมต่อแบบระดับเดียวเป็นการเชื่อมต่อเพื่อขยายโครงข่าย

มาตรฐานตาม IEEE 802.15.4 แบ่งชนิดอุปกรณ์ที่เป็นอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับอุปกรณ์ที่มีโปรโตคอล IEEE 802.15.4 อยู่ด้วย โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามความสามารถในการทำงาน ดังนี้

1. อุปกรณ์ชนิด FFD ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่มีความสามารถเต็ม สามารถทำงานได้ทุกอย่างในเครือข่าย และมีความสามารถในการหาเส้นทางได้

2. อุปกรณ์ชนิด RFD ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการทำงานลดลง ซึ่งจะใช้เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่มีความสามารถเต็ม หรืออุปกรณ์ชนิด FFD อีกที

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 จะมีรูปแบบของเครือข่ายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แต่ละเครือข่ายจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ชนิด FFD 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่ายหรือเรียกว่าอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตอร์และอุปกรณ์ชนิด RFD หลายๆ ตัวจะเข้าร่วมเครือข่ายกับอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตทั้งแบบที่มีทอพอโลยีแบบดาวและแบบระดับเดียวกัน

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 นั้นจะมีโหมดการทำงาน 3 แบบ ได้แก่

1. โหมดแพนโคออดิเนเตอร์ (PAN Coordinator Mode) โดยโหมดนี้จะสร้างการสื่อสารเชื่อมโยงเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับอุปกรณ์โคออดิเนเตอร์หรืออุปกรณ์โคออดิเนเตอร์กับอุปกรณ์โคออดิเนเตอร์ด้วยกัน และทำการกำหนดเลขที่อยู่ให้กับอุปกรณ์ที่อยู่ภายในเครือข่ายไม่ให้ซ้ำกันและทำการดูแลจัดการเรื่องเส้นทาง

2. โหมดโคออดิเนอเตอร์ (Coordinator Mode) โดยโหมดนี้จะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในเส้นทางต่างๆ ของเครือข่าย

3. โหมดอุปกรณ์ปลายทาง (End Device Mode) โดยโหมดนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ไร้สายที่ต่อปลายทาง โดยใช้พลังงานต่ำในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การเข้าถึงช่องสัญญาณ

การเข้าถึงช่องสัญญาณ โดยการใช้การเข้าถึงช่องสัญญาณหลายๆ ทาง เพื่อหลีกเลี่ยงการชนกัน ระยะทางโดยทั่วไปประมาณ 50 เมตร แต่ละอุปกรณ์จะมีแอดเดรส ที่มีความยาว 64 หรือ 16 บิต

การเข้าถึงช่องสัญญาณในระดับชั้นแม็ค (MAC) มี 2 แบบ คือ

1. แบบเครือข่ายที่ไม่มีเครื่องบอกตำแหน่ง (Non Beacon Network) เป็นวิธีการดั้งเดิมของระบบที่ใช้ในการเข้าถึงได้แบบหลายทาง ในการติดต่อกันกับเครือข่ายระดับเดียวกัน มีข้อดี คือ ง่าย ไม่ซับซ้อน

2. แบบเครือข่ายที่มีเครื่องบอกตำแหน่ง (Beacon Enabled Network) เป็นเครือข่ายที่มีอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นโคออดิเนเตอร์ ส่งตำแหน่งของเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของเฟรมพิเศษ (Time Slotted Superframe) ที่การเริ่มต้นทำงาน โดยเฟรมจะทำการแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้

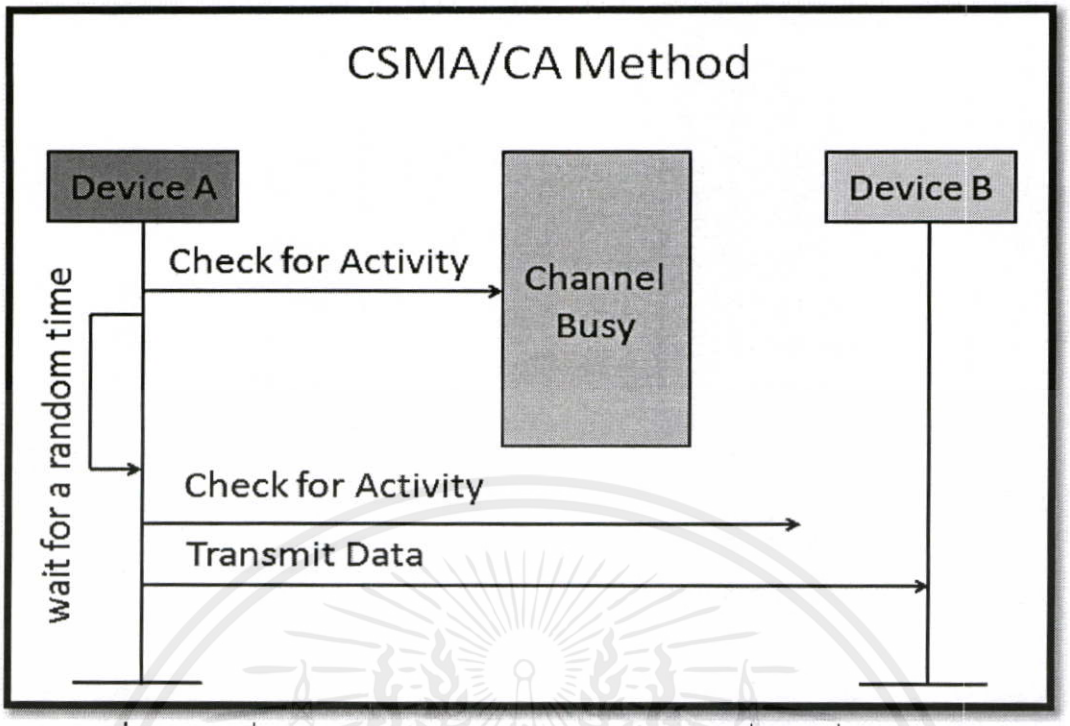
2.1 ระหว่างช่วงเวลาการเข้าถึง (Contention Access Period)

2.2 ช่วงเวลาอิสระ (Contention Free Period) ซึ่งในช่วงเวลานี้จะมีช่องเวลาที่ได้รับการรับประกัน

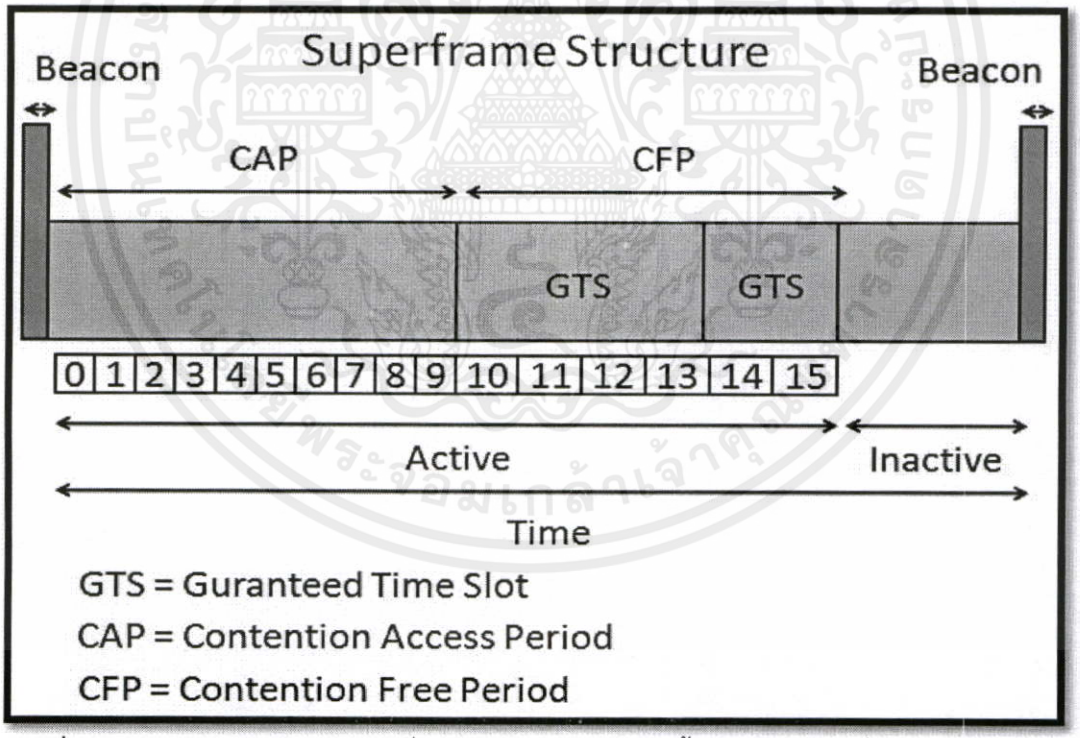
2.3 ช่วงเวลาไม่ใช้งาน (Inactive Period)

เครือข่ายที่มีเครื่องบอกตำแหน่ง จะทำหน้าที่ควบคุมการใช้กำลังของเครือข่ายที่เป็นส่วนขยายแบบเมช (Mesh) และจะทำการอนุญาตให้ลูกข่ายในเครือข่ายมีความสามารถในการรับรู้เมื่อมีการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตอร์แต่ละตัว ซึ่งจะจัดการช่องสัญญาณและการจัดระเบียบการร้องขอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การสื่อสารแบบการเข้าถึงช่องสัญญาณหลายๆ ทางเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกัน

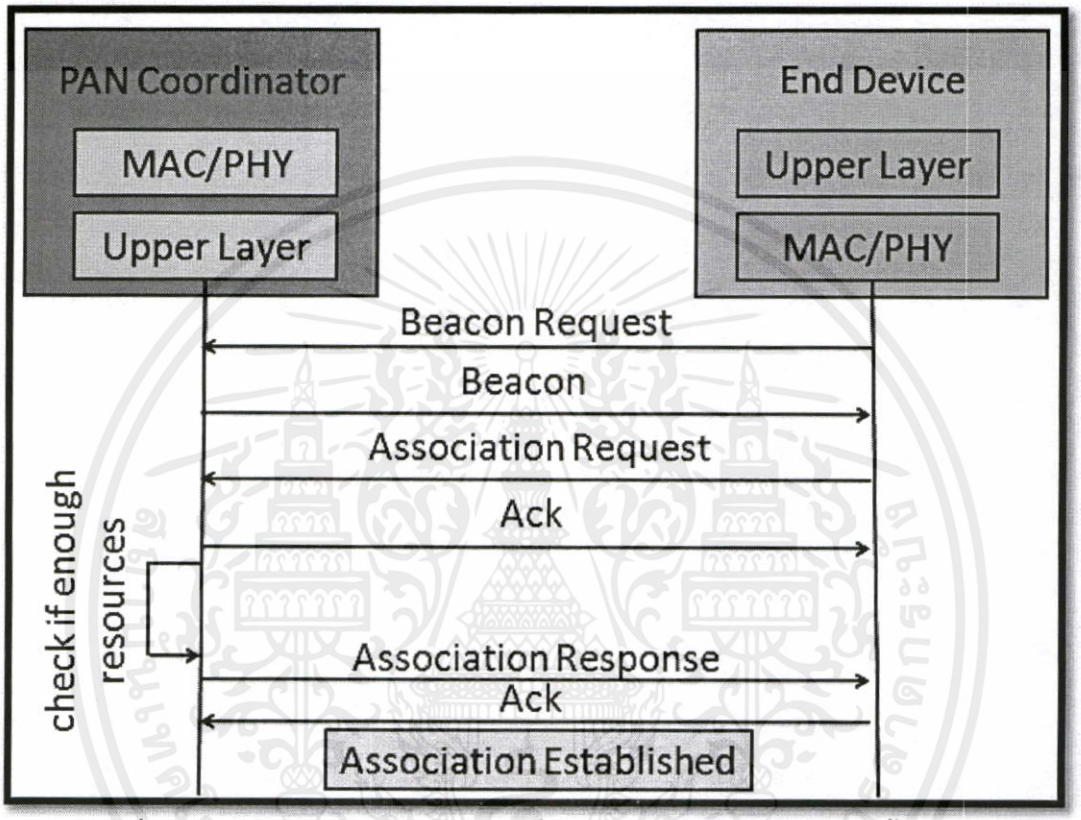


รูปที่ 2.19 โครงสร้างของเฟรมพิเศษที่แสดงช่วงเวลาต่างๆ รวมทั้งตำแหน่งของเครื่องบอกตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 การค้นพบและการกำหนดเลขที่อยู่ (Discovery and Addressing)

การค้นพบอุปกรณ์จะมีโหมดทำงาน 2 โหมดคือ โหมดทำงานจะทำการส่งคำขอบอกตำแหน่งไป แต่ถ้าเป็นโหมดไม่ทำงาน จะทำการรอฟังจากตัวบอกตำแหน่งต่างๆ และจะประกาศความเกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกันผ่านทางอุปกรณ์แพนโคออดิเนเตอร์ ส่วนการเข้าถึงอุปกรณ์ต่างๆ จะใช้เลขที่อยู่ 2 แบบ คือ แบบเต็ม 64 บิต และแบบท้องถิ่น 16 บิต



รูปที่ 2.20 การค้นพบและการกำหนดเลขที่อยู่ของ IEEE 802.15.4 ในระดับชั้นแม็ค

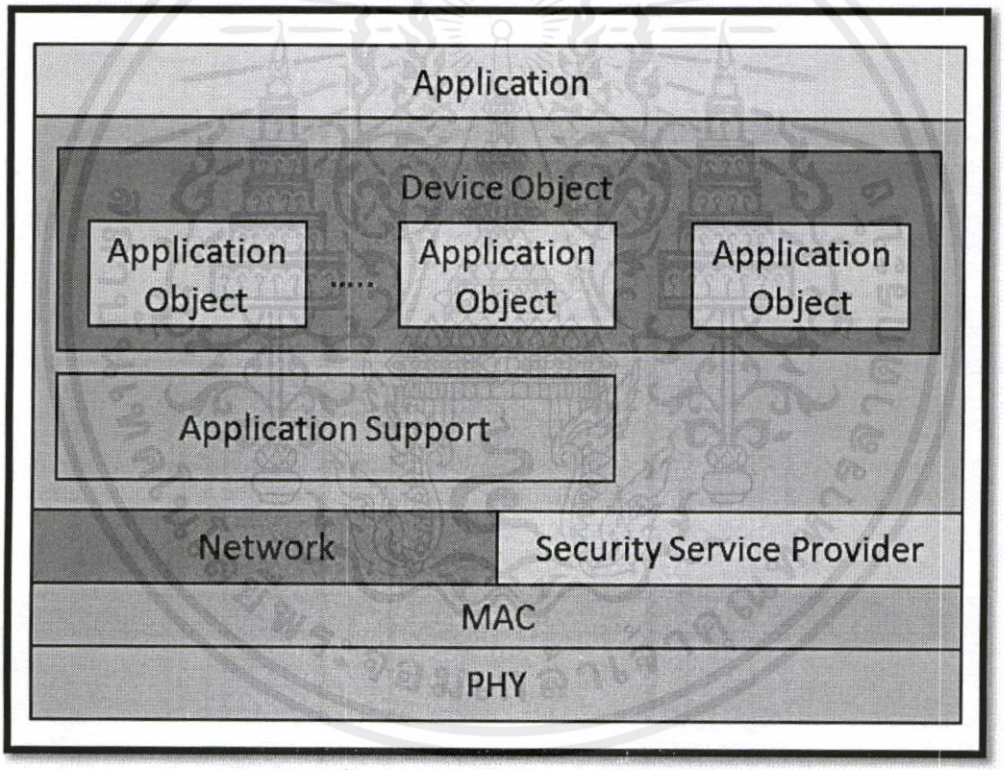
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ระบบสื่อสารไร้สาย

ซิกบีเป็นโมดูลสื่อสารแบบไร้สาย สร้างขึ้นจากระบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (WPAN : Wireless Personal Area Network) ภายใต้มาตรฐานของ IEEE 802.15.4 โดยมาตรฐานนี้มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ อุปกรณ์ราคาถูกและใช้กำลังไฟฟ้าน้อย โดยจุดประสงค์ของซิกบีคือ เพื่อให้สามารถสร้างระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (WSN : Wireless Sensor Network) ได้ โดยระบบนี้จะสามารถทำงาน ภายในอาคาร กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝน และอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็ก

2.7.1 มารตฐานซิกบี

ซิกบีมีมารตฐานการวัดอยู่ 3 ย่านคือ ย่าน 2.4 จิกะเฮิรตซ์ ย่าน 915 เมกะเฮิรตซ์ และสุดท้ายย่าน 868 เมกะเฮิรตซ์ โดยทั้งสามย่านจะมีช่องสัญญาน 16 ช่อง 10 ช่องและ 1 ช่องตามลำดับ โดยมีอัตรารับส่งข้อมูลของซิกบีทั้ง 3 ย่านอยู่ที่ 250 กิโลบิต/วินาที 40 กิโลบิต/วินาทีและ 20 กิโลบิต/วินาที ตามลำดับ



รูปที่ 2.21 สแต็กซิกบี (Zigbee Stack)

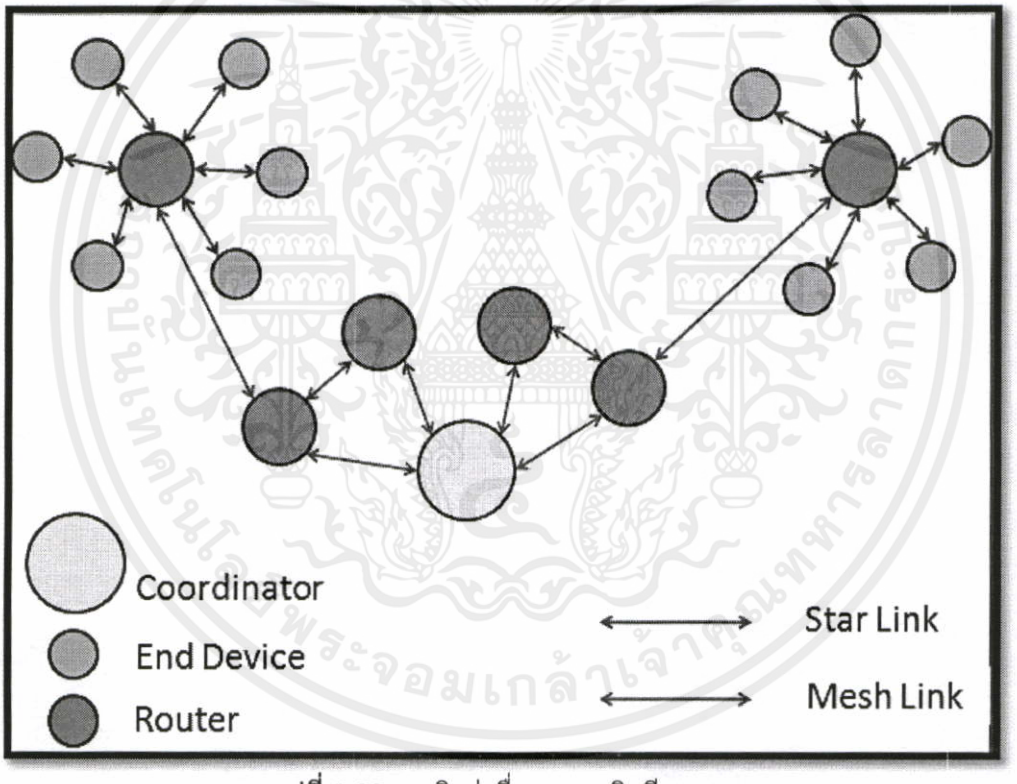
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 เครือข่ายซิกบี

1. แบบเมช

แบบเมช ประกอบไปด้วยโนด (Node) ที่ทำหน้าที่เป็นโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์หรืออุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งแกนหลักของเครือข่ายในซิกบีแบบเมช คือโคออดิเนเตอร์ ซึ่งเป็นจุดอ่อนของระบบแบบเมช เช่น เมื่อโคออดิเนเตอร์ เกิดมีปัญหาไม่สามารถใช้งานได้ หมายถึงเครือข่ายทั้งหมดจะใช้งานไม่ได้และด้วยข้อกำหนดที่กำหนดของอุปกรณ์ที่เป็นโคออดิเนเตอร์และเราท์เตอร์จะต้องเปิดตลอดเวลา จะมีเพียงโนดที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปลายทางเท่านั้นที่จะสามารถเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานได้ จึงทำให้ระบบทั้งหมดยังต้องใช้พลังอยู่มากกว่าระบบแบบดิจิเมช (DigiMesh)

โมดูล 1 ตัวที่เป็นโคออดิเนเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมโยงเครือข่าย โมดูลตัวอื่นๆ จะต้องเป็นเราท์เตอร์ จะได้ว่าถ้ามีโมดูลสองตัวต้องมีตัวหนึ่งตั้งค่าให้มันเป็นโคออดิเนเตอร์ตัวอื่นๆ ให้เป็นเราท์เตอร์หรืออุปกรณ์ปลายทาง

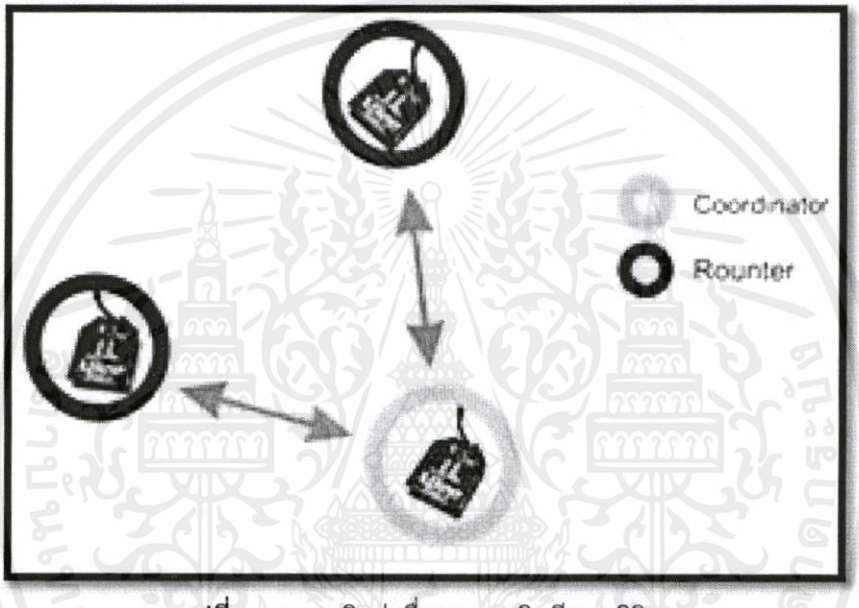


รูปที่ 2.22 การติดต่อสื่อสารของซิกบีแบบเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบดิจิเมช

เครือข่ายซิกบีแบบดิจิเมช ทุกโนดจะมีสถานภาพเหมือนกัน และมีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลให้กับตัวอื่นๆ เหมือนกับเราท์เตอร์ของซิกบีแบบเมช จึงทำให้ระบบเครือข่ายของดิจิเมชไม่ขึ้นกับโนดตัวใดตัวหนึ่ง เมื่อมีโนดตัวหนึ่งเสียหายจะไม่มีผลกระทบกับระบบโดยรวมของเครือข่าย ซึ่งสามารถสร้างความมั่นคงให้กับเครือข่ายได้ดี และทุกโนดสามารถเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงานได้ ทำให้ช่วยลดพลังงานได้มากขึ้น และทุกตัวมีหน้าที่การทำงานเหมือนกัน ไม่มีการแยกเป็นโคออดิเนเตอร์ เราท์เตอร์หรืออุปกรณ์ปลายทาง ทำให้ลดความยุ่งยากในการติดตั้งหน้าที่ให้กับโนดต่างๆ ทำให้สามารถขยายเครือข่ายได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2.23 การติดต่อสื่อสารของซิกบีแบบดิจิเมช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบสั่งอาหารไร้สาย

3.1 การออกแบบระบบ

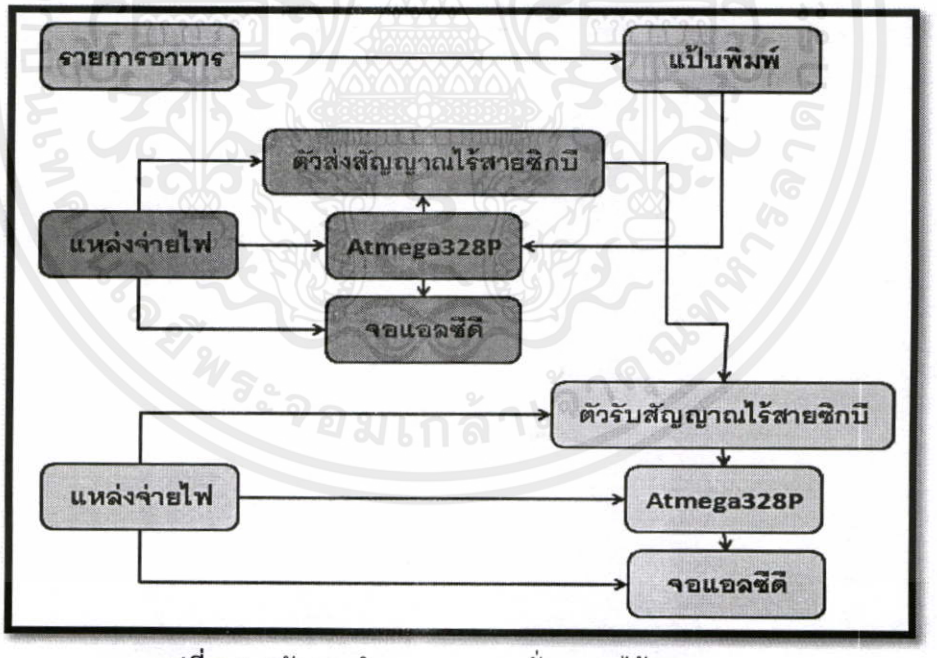
3.1.1 การออกแบบระบบสั่งอาหารไร้สาย

ระบบสั่งอาหารไร้สายที่นำเสนอ มีหลักการออกแบบการทำงานในรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้

1. ทำการบันทึกรายการและราคาอาหารในไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P โดยกำหนดรายการอาหารตามหมายเลขที่ตั้งไว้

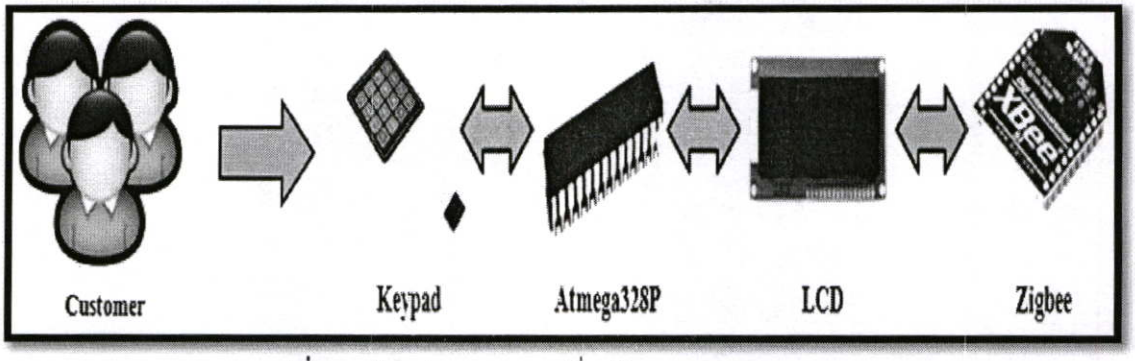
2. ทำการสั่งอาหารได้โดยการป้อนหมายเลขรายการอาหาร และจำนวนรายการอาหารที่ตัวสั่งรายการอาหาร จากนั้นข้อมูลจะถูกเก็บไว้ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทำการยืนยันรายการอาหารเรียบร้อยแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปที่ซิกบี แล้วซิกบีจะส่งต่อข้อมูลแบบไร้สายไปให้ตัวรับรายการอาหารแล้วนำไปแสดงผลผ่านจอแอลซีดี

3. เมื่อทำการจ่ายเงินที่ร้าน ทางร้านจะทำการเคลียร์รายการอาหารที่ตัวรับรายการอาหาร

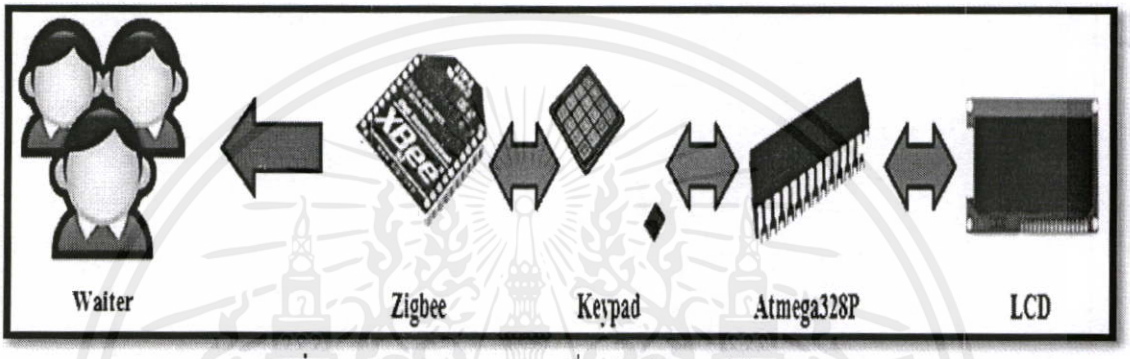


รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของระบบสั่งอาหารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



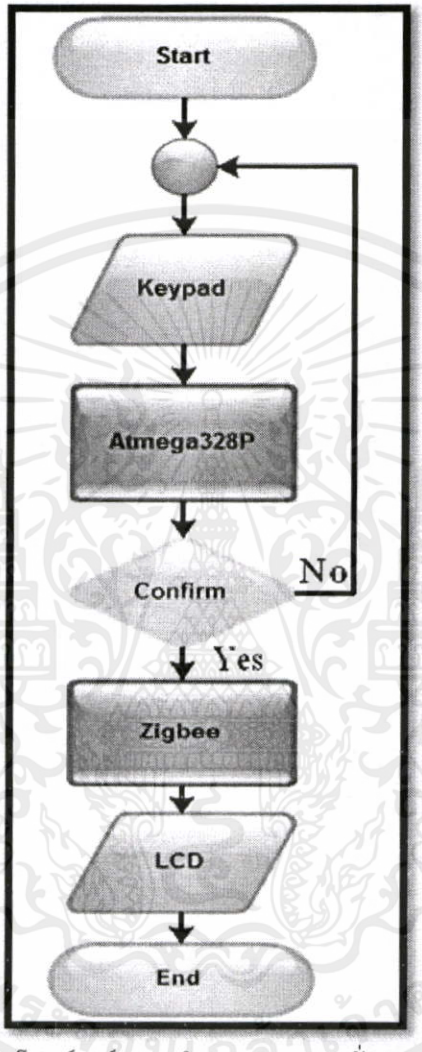
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของเครื่องรับรายการอาหาร



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีลำดับขั้นการทำงานดังโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) ที่แสดงในรูปที่ 3.4 โดยเริ่มจากการป้อนรหัสรายการอาหารผ่านแป้นพิมพ์ให้ Atmega328P จากนั้นเมื่อกดยืนยัน Atmega328P จะส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายซิกบีเพื่อแสดงผลทางจอแอลซีดี แต่ถ้ากดปฏิเสธระบบจะย้อนกลับมาเริ่มใหม่



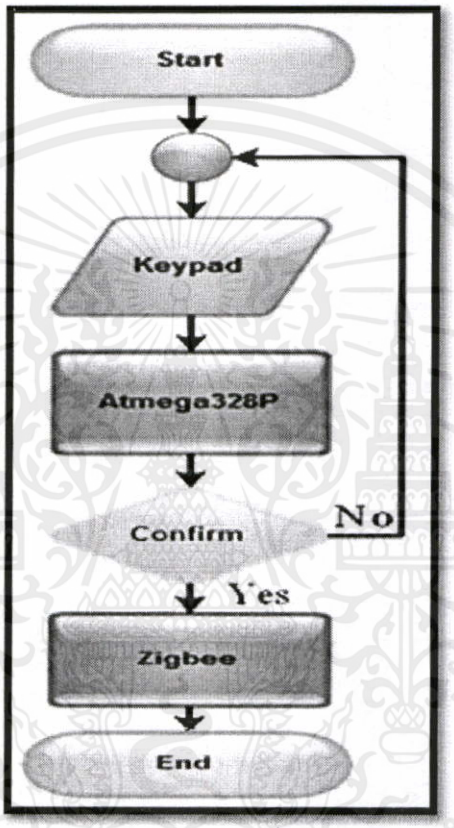
รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของระบบสั่งอาหารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการทำงานภาคสั่ง

3.2.1 วงจรรับรายการอาหาร

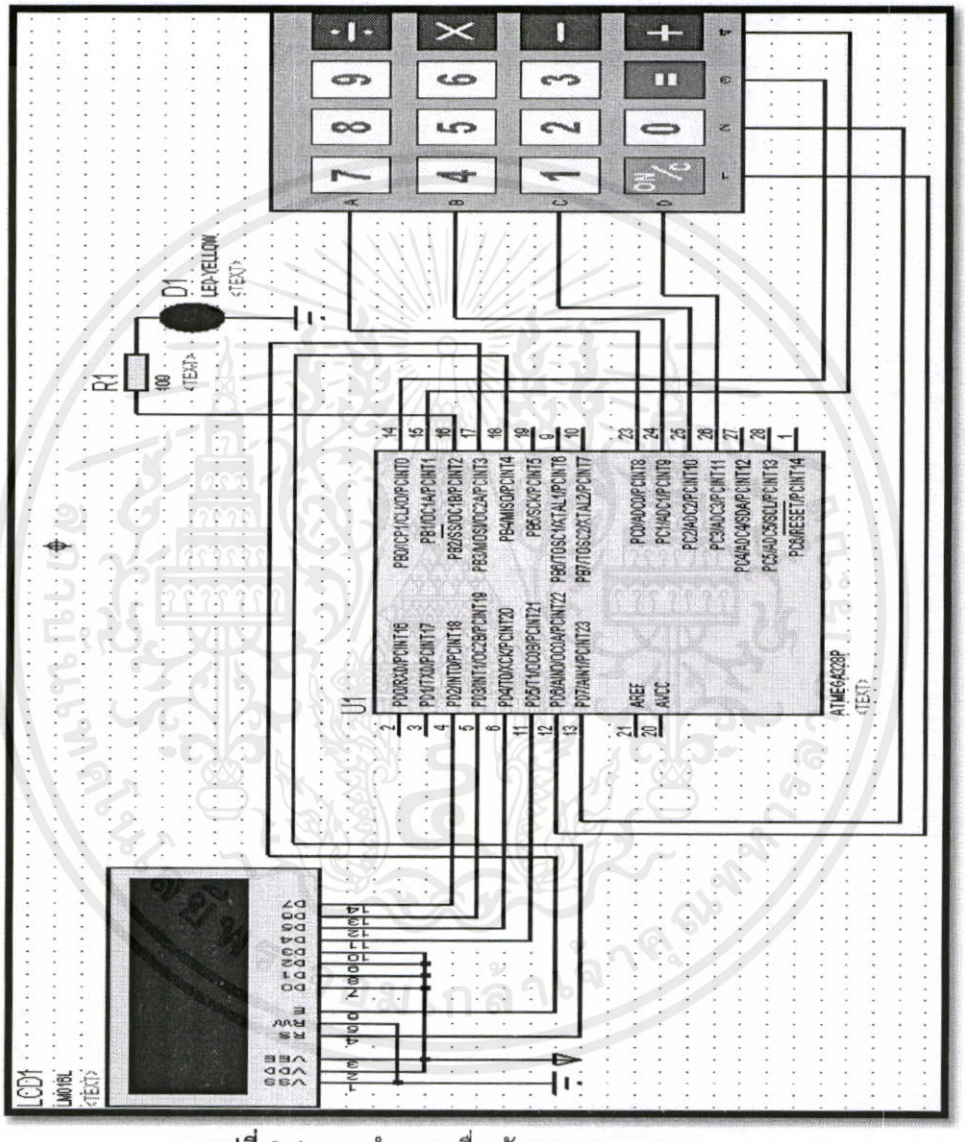
การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนภาคสั่งนั้นมีลำดับขั้นการทำงานดังโฟลว์ชาร์ตที่แสดงในรูปที่ 3.5 โดยเริ่มจากการป้อนรหัสรายการอาหารผ่านแป้นพิมพ์ให้ Atmega328P จากนั้นเมื่อกดยืนยัน Atmega328P จะส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สายซิกบีไปที่เครื่องรับสัญญาณไร้สาย แต่ถ้ากดปฏิเสธระบบจะย้อนกลับมาเริ่มใหม่



รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการกดแป้นพิมพ์ โดยการป้อนรหัสรายการอาหารจำนวน 1 หลัก จากนั้นระบบจะให้ป้อนจำนวนของรายการอาหารทุกๆ การป้อนค่าผ่านทางคีย์ตัวเลข ข้อมูลจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P แล้วนำไปแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดี จากนั้นเมื่อมีการกดยืนยันรายการอาหาร ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลที่ได้ผ่านทางโมดูลไร้สายซิกบี แต่ถ้ากดปฏิเสธระบบจะย้อนกลับมาเริ่มใหม่



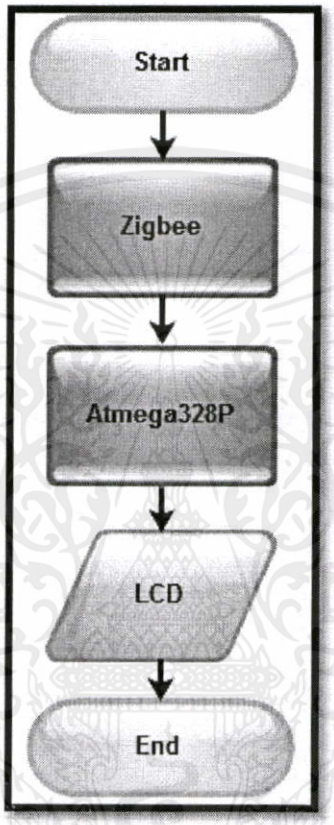
รูปที่ 3.6 วงจรจำลองเครื่องรับรายการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการทำงานภาครับ

3.3.1 วงจรรับสัญญาณไร้สาย

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนภาครับนั้นมีลำดับขั้นการทำงานดังโฟลว์ชาร์ตที่แสดงในรูปที่ 3.7 โดยเริ่มจากโมดูลไร้สายซิกบีรับข้อมูลจากเครื่องรับรายการอาหาร จากนั้นส่งผ่านให้ Atmega328P และแสดงผลทางจอแอลซีดี

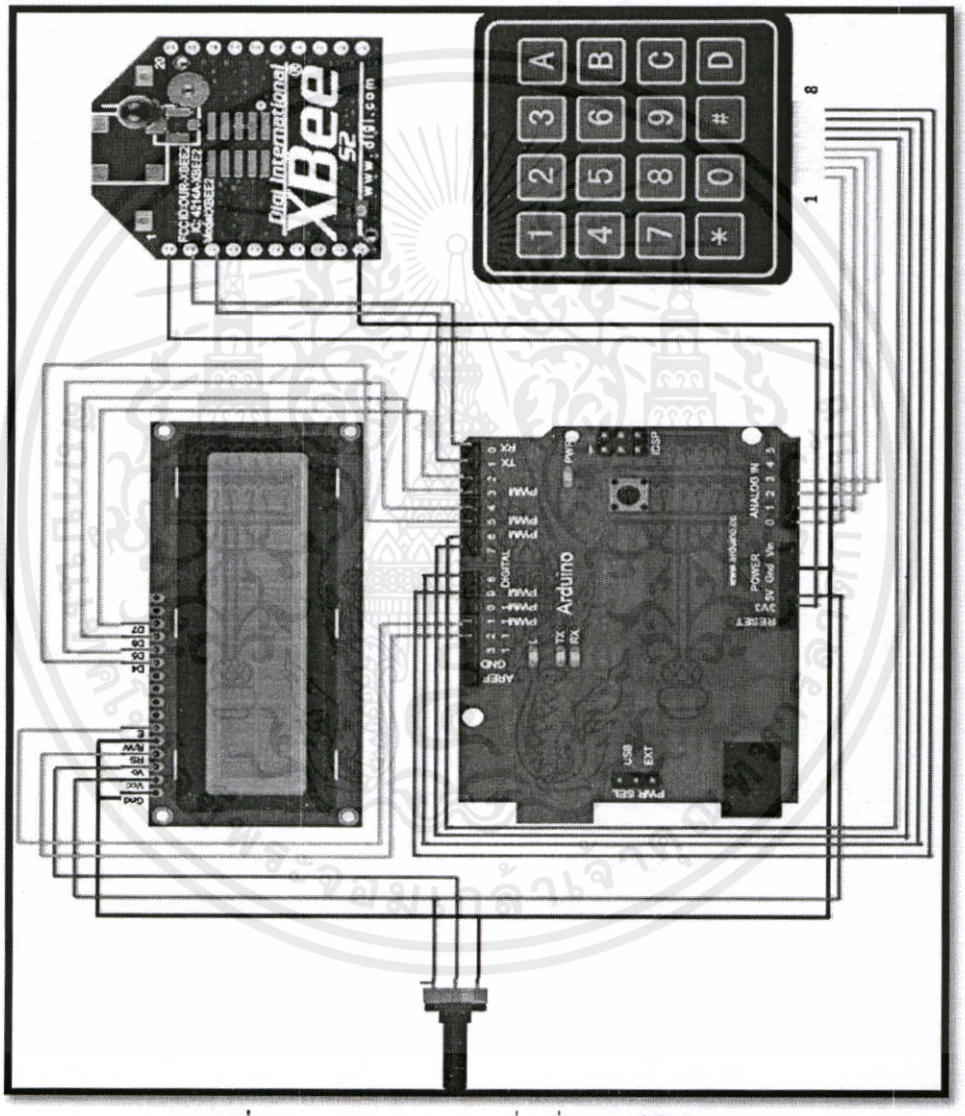


รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่นำเสนอจะประกอบไปด้วยเครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย โดยทั้งสองเครื่องจะใช้วงจรการต่ออุปกรณ์แบบเดียวกันดังรูปที่ 3.5 มีการรับค่าเป็นรหัสของรายการอาหารแล้วแสดงผลค่าข้อมูลที่ได้ออกมา โดยมีอุปกรณ์สำคัญดังนี้

Atmega328P	ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบ
แป้นพิมพ์	ทำหน้าที่ในการรับค่าข้อมูลจากผู้ใช้
จอแอลซีดี	ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูล
โมดูลซิกบี	ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบไร้สาย



รูปที่ 3.8 การต่อวงจรของเครื่องสั่งอาหารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

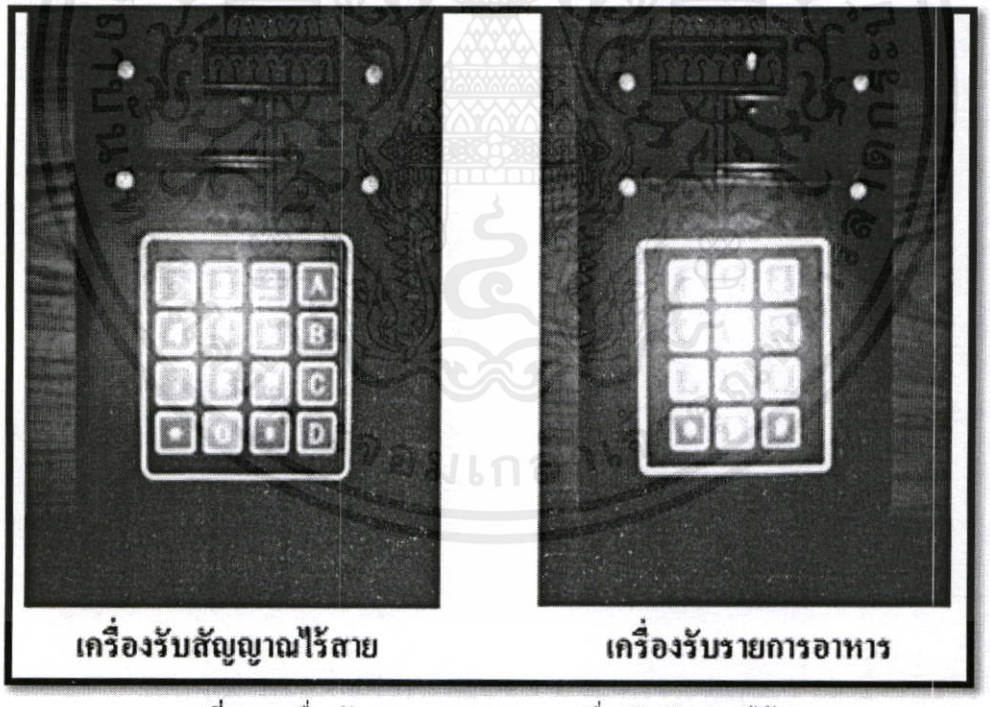
บทที่ 4
ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ

1. อุปกรณ์ภาคส่งและภาครับสัญญาณ
2. ตารางแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร
3. ตารางแสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย
4. การตรวจสอบระยะการรับและส่งสัญญาณ

4.1 ผลการทดลองอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งสัญญาณไร้สาย

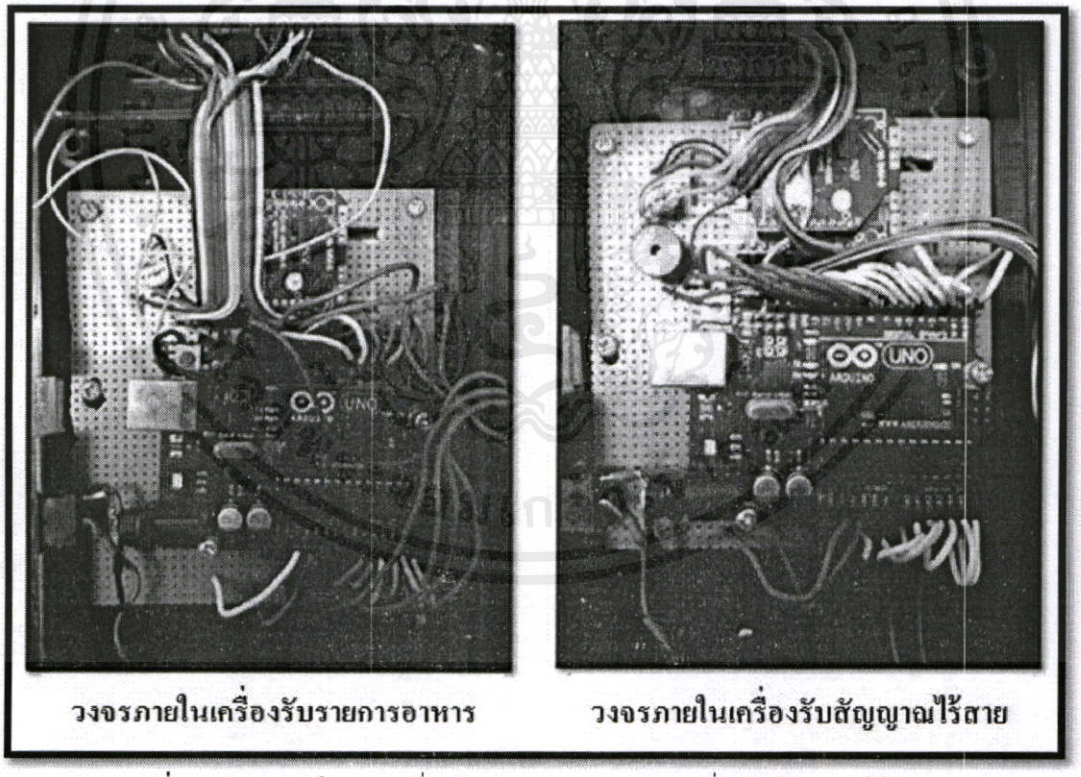
เมื่อเปิดใช้งานอุปกรณ์ภาครับและภาคส่งสัญญาณไร้สาย จะมีการรอรับข้อมูลของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย เมื่อมีการสั่งอาหารจากเครื่องรับรายการอาหาร ข้อมูลจะถูกส่งผ่านโมดูลซิกบี ไปที่เครื่องรับสัญญาณไร้สาย หลังจากส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะมีการกระพริบของหลอดไฟแอลอีดีที่เครื่องรับรายการอาหารเพื่อแจ้งให้ลูกค้าทราบ



รูปที่ 4.1 เครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 หน้าจอการทำงานของเครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย



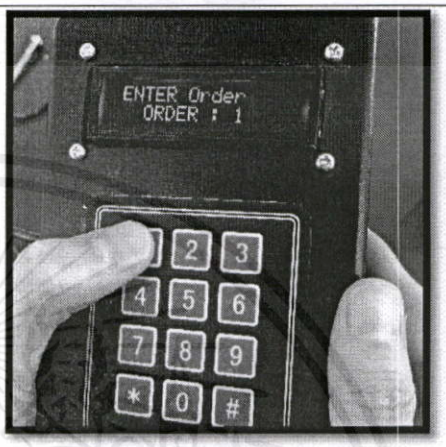
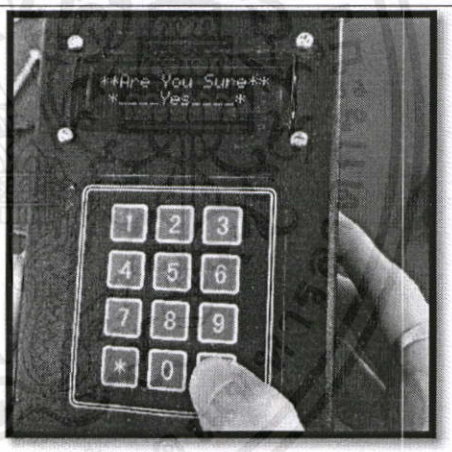
รูปที่ 4.3 วงจรภายในของเครื่องรับรายการอาหารและเครื่องรับสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองจอแอลซีดี

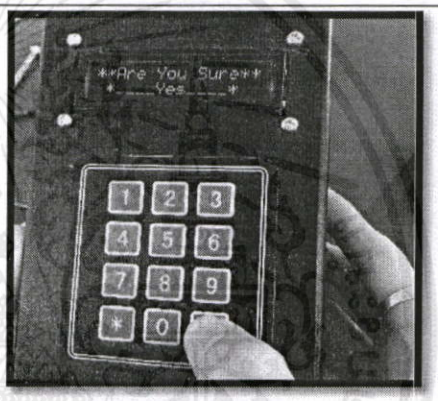
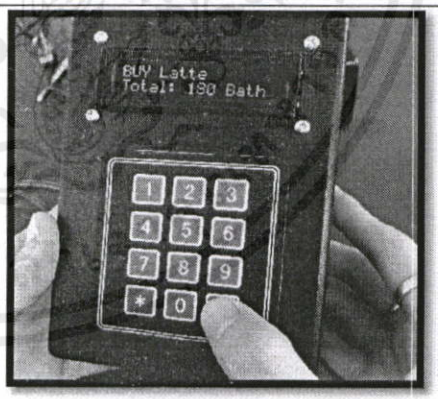
การกดสั่งรายการอาหาร โดยกดหมายเลขเป็นลำดับขั้นตอนในการสั่งอาหาร จะแสดงผลที่หน้าจอแอลซีดี ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร ตามลำดับ

ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร
กดหมายเลข 1 (เลือกชุดอาหาร)	
กดหมายเลข # (ยืนยันรหัสอาหาร)	

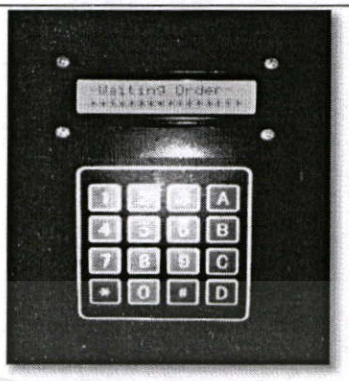
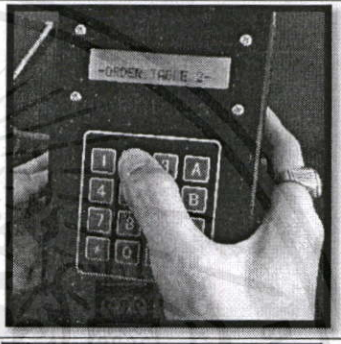
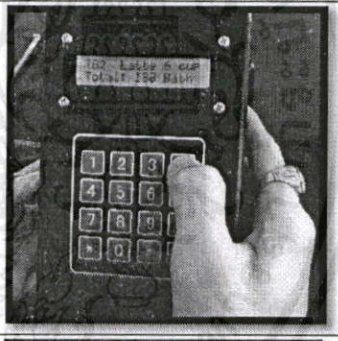
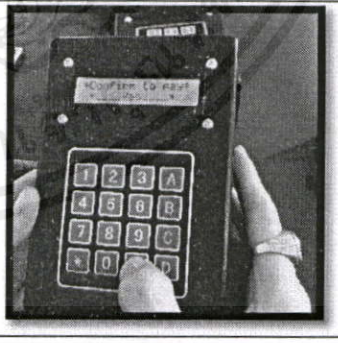
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร ตามลำดับ (ต่อ)

ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร
กดหมายเลข # (ยืนยันรายการอาหาร)	
กดหมายเลข # (ยืนยันจำนวนอาหาร)	
กดหมายเลข # (ยืนยันการส่งข้อมูล)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย ตามลำดับ

ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย
รอรับคำสั่งจากเครื่องส่งข้อมูลไร้สาย	
กดยืนยันรับข้อมูลจาก เครื่องส่งข้อมูลไร้สาย เครื่อง 2 (กดหมายเลข 2)	
ตรวจสอบรายการอาหารที่สั่งผ่าน เครื่องส่งอาหารไร้สาย (กดหมายเลข A)	
ยืนยันเมื่อมีการจ่ายเงินค่าอาหาร (กดหมายเลข #)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย ตามลำดับ (ต่อ)

ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย
(กดหมายเลข #) กลับมาสู่หน้ารอรับคำสั่งอีกครั้ง	

ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าในการส่งสัญญาณจากเครื่องรับรายการอาหารไปที่เครื่องรับสัญญาณไร้สายสรุปได้ว่า เมื่ออุปกรณ์ภาครับสัญญาณได้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณแล้ว อุปกรณ์ภาครับสัญญาณจะตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับว่าเป็นข้อมูลจากเครื่องส่งสัญญาณเครื่องใด โดยเมื่อสามารถตรวจสอบได้แล้วว่ามาจากเครื่องใด จะแสดงหมายเลขเครื่องบนอุปกรณ์ภาครับสัญญาณเพื่อให้กดยืนยันและจัดทำรายการอาหารต่อไป

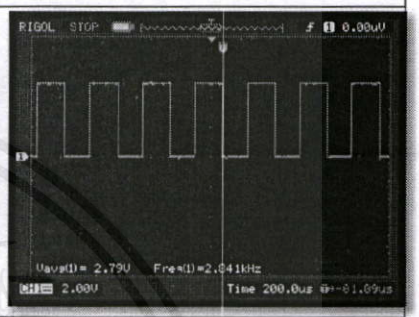
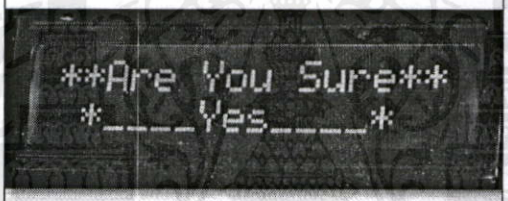
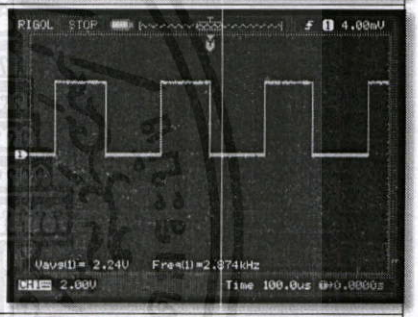
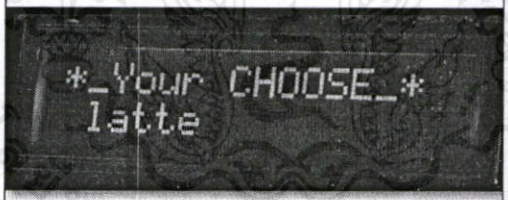
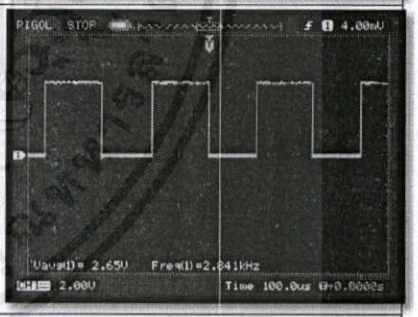
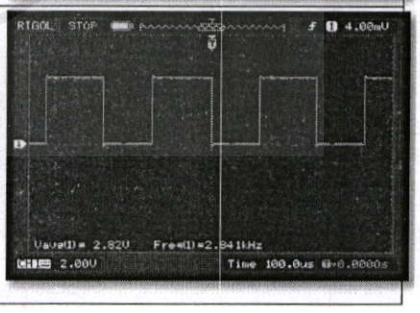
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองแสดงสัญญาณการส่งข้อมูล

4.3.1 แสดงสัญญาณการส่งข้อมูล

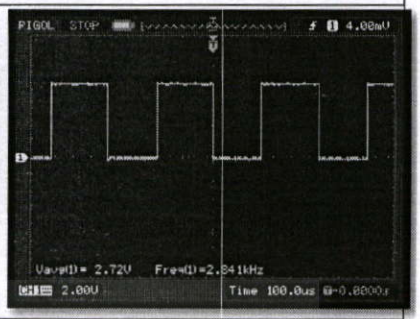
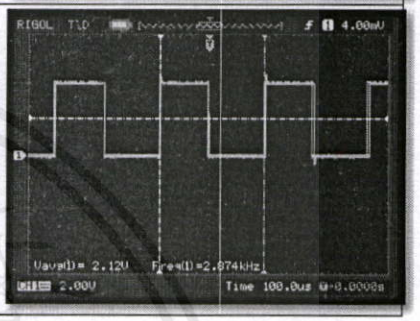
สัญญาณในการส่งข้อมูลของเครื่องรับรายการอาหาร โดยกดหมายเลขตามลำดับขั้นตอนการสั่งอาหาร ดังนี้

ตารางที่ 4.3 สัญญาณการส่งข้อมูล

ขั้นตอนการกด	ภาพการกดในแต่ละขั้นตอน	สัญญาณในแต่ละขั้นตอน
กดหมายเลข 1 (เลือกชนิดอาหาร)		
กดหมายเลข # (ยืนยันรหัสอาหาร)		
กดหมายเลข # (ยืนยันรายการอาหาร)		
กดหมายเลข 6 (เลือกจำนวนอาหาร)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 สัญญาณการส่งข้อมูล (ต่อ)

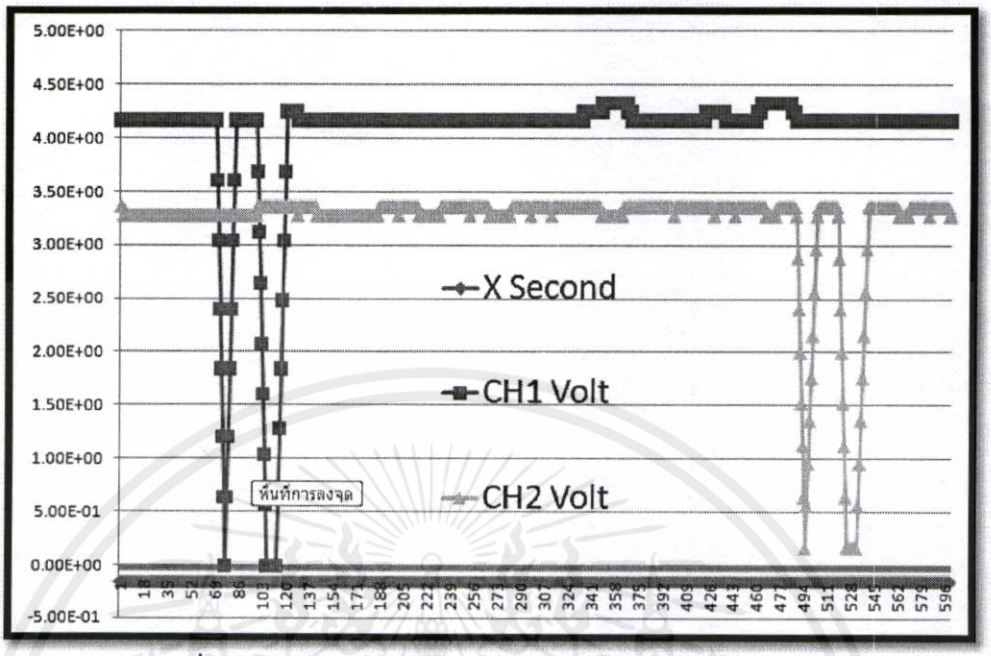
ขั้นตอนการกด	ภาพการกดในแต่ละขั้นตอน	สัญญาณในแต่ละขั้นตอน
กดหมายเลข # (ยืนยันจำนวนอาหาร)		
กดหมายเลข # (ยืนยันการส่งข้อมูล)		

ผลการทดลอง

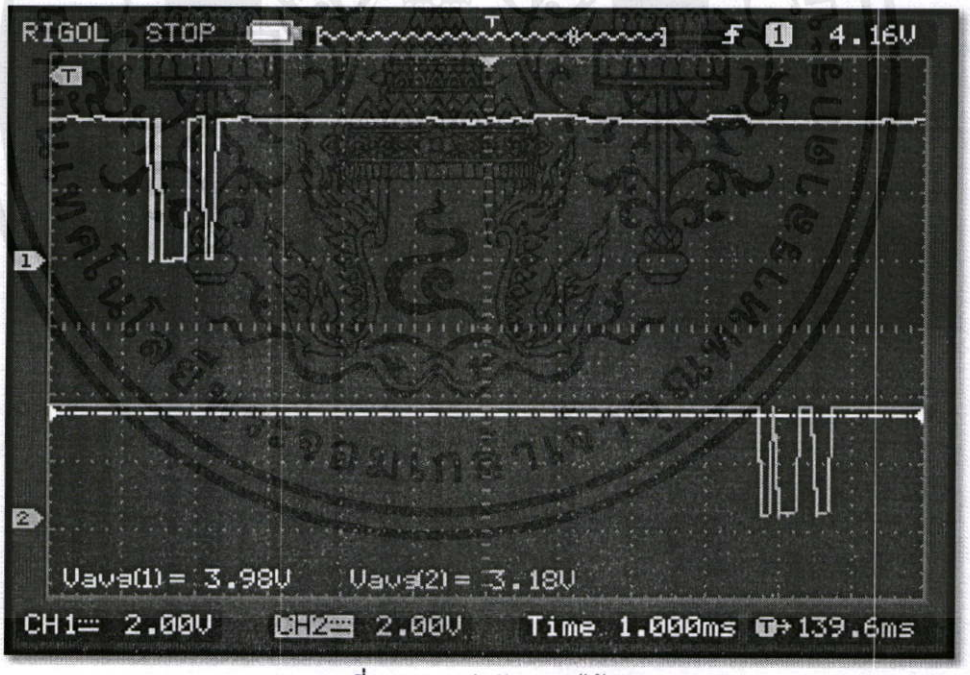
จากการทดลองโดยใช้เครื่องออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ในการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย ของขาไมโครคอนโทรเลอร์ และสังเกตคลื่นสัญญาณในแต่ละขาว่าเกิดการผิดเพี้ยนหรือไม่ โดยพบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย ที่วัดออกมาได้มีค่าใกล้เคียงกัน และคลื่นสัญญาณที่ได้จากการกดแต่ละครั้งจะมีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย โดยใช้ช่วงเวลาในการวัดที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 แสดงสัญญาณการรับข้อมูล



รูปที่ 4.4 การส่งสัญญาณไร้สายแสดงผลแบบเอ็กเซลล์ (Excell)



รูปที่ 4.5 การส่งสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

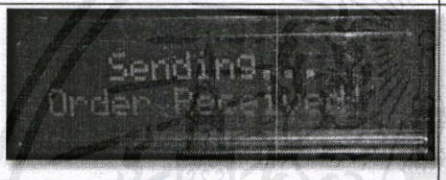
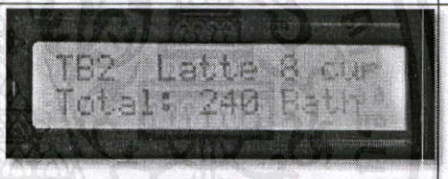
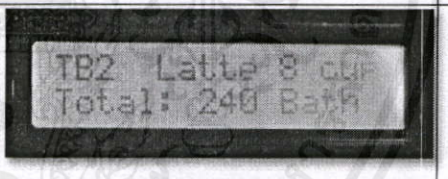
ผลการทดลอง

เป็นการส่งข้อมูลไร้สายโดยใช้ช่วงเวลาในการวัดคือ 1 มิลลิวินาทีเหมือนกัน โดยรูปที่ 4.4 แสดงผลแบบเอ็กเซลล์เพื่อให้ชัดเจนขึ้น โดยพบว่าทั้งสัญญาณขาเข้า และขาออกมีความคล้ายกัน สัญญาณโดยรวมยังแกว่งอยู่ เป็นผลมาจากสัญญาณรบกวนต่างๆ อาทิเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ สภาพแวดล้อมที่ทำการวัด ส่วนสัญญาณขาเข้ากราฟเป็นสามเหลี่ยม แสดงว่าโค้ดที่เขียนมีความผิดพลาดอยู่บ้างแต่ระบบยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองระยะขอบเขตในการส่งสัญญาณผ่านเครื่องรับสัญญาณไร้สาย

ตารางที่ 4.4 ระยะขอบเขตในการรับส่งข้อมูล

ลำดับ	รูปเครื่องส่งสัญญาณ	รูปเครื่องรับสัญญาณ	ระยะทางที่วัด
1			1 เมตร
2			5 เมตร
3			10 เมตร
4			15 เมตร
5			19 เมตร
6			20 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าระยะขอบเขตสูงสุดในการรับสัญญาณคือระยะทาง 19 เมตร โดยทดสอบสัญญาณที่ขอบเขต 20 เมตร จะพบว่ายังสามารถรับค่าสัญญาณได้แต่จะเกิดความผิดเพี้ยน ซึ่งเหตุที่ระยะสูงสุดในการรับค่าสัญญาณได้ 19 เมตร เนื่องจากซิกบีที่นำมาใช้งานเป็นแบบไม่มีเสา มีสัญญาณรบกวนจากบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์โดยตรง และวงจรนี้ส่งสัญญาณเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรงไม่มีวงจรขยายสัญญาณ จึงทำให้ระบบรับส่งรายการอาหารนี้มีขีดจำกัดการรับส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ระบบสั่งอาหารไร้สาย เพื่อความสะดวกต่อการดูแลลูกค้าที่มารับบริการภายในร้านอาหาร การดำเนินงานของระบบสั่งอาหารไร้สายแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนการทำงานของอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณไร้สาย โดยเริ่มจากการป้อนข้อมูลทางแป้นพิมพ์ ประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P และส่งข้อมูลด้วยโมดูลซิกบีให้อุปกรณ์ภาครับต่อไป โดยมีหลอดไฟแอลอีดี ส่งสัญญาณด้วยการกระพริบเมื่อส่งข้อมูลสำเร็จ

2. ส่วนการทำงานของอุปกรณ์ภาครับสัญญาณไร้สาย โดยเริ่มจากการรับข้อมูลจากโมดูลซิกบี ประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P และแสดงผลทางจอแอลซีดี โดยมีลำโพงส่งสัญญาณเสียงเมื่อรับข้อมูลสำเร็จ

5.2 ปัญหาและข้อจำกัดของการดำเนินงาน

1. เนื่องจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ได้นำมาออกแบบมีราคาที่ค่อนข้างสูง จำเป็นต้องสร้างหลายชุด จึงทำให้การออกแบบต่อยอด มีข้อจำกัดเกิดขึ้นในเรื่องของงบประมาณ

2. จากการส่งสัญญาณไร้สายของอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ ในบางครั้งเกิดการรบกวนจากสัญญาณภายนอกขึ้น ทำให้ส่งสัญญาณได้ต่ำกว่าที่ทฤษฎีกล่าวไว้

3. เนื่องจากบอร์ดอาดูโนที่ใช้มีราคาถูก ดังนั้นจึงมีขาทั้งหมด 28 ขาและมีหน่วยความจำเพียง 32 กิโลไบต์ ทำให้การใช้งานเพื่อนำไปพัฒนาต่อเป็นไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

5.3.1 ปัญหาไลบรารี

จากการทดลองจำลองการสั่งอาหารผ่านแป้นพิมพ์ด้วยโปรแกรมโปรติอุสพบว่าสามารถสั่งอาหารที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของสมาชิกคนแรกได้ แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ของสมาชิกคนอื่นกลับสั่งงานไม่ได้ ทั้งที่ใช้โค้ดเดียวกัน โปรแกรมรุ่นเดียวกัน

วิธีการแก้ไข

เราพบปัญหาดังกล่าวคือไลบรารี ซึ่งเครื่องของสมาชิกคนอื่นไม่มีไลบรารีแป้นพิมพ์ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ แก้ไขโดยนำไลบรารีแป้นพิมพ์มาติดตั้งก็สามารถใช้งานได้

5.3.2 ปัญหาการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลระหว่างตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องทำการส่งผ่านโดยใช้สายส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Bus) โดยในบอร์ดอาดูโน มีสายส่งข้อมูลแบบอนุกรมเพียงสายเดียว ไม่เหมือนกับรุ่นเมกา ที่มีสายส่งข้อมูลแบบอนุกรมมากว่า 1 สาย ดังนั้นปัญหาที่เกิดคือ ต้องทำการส่งผ่านข้อมูลหลายตัวในครั้งเดียวไม่ได้

วิธีการแก้ไข

ทำการส่งผ่านข้อมูลทีละ 1 ตัว แล้วกำหนดหน่วงเวลาไว้ 100 วินาที แล้วค่อยส่งผ่านข้อมูลตัวที่ 2 เมื่อทำเช่นนี้ข้อมูลที่ทำการส่งก็จะมาครบตามต้องการ

5.3.3 ปัญหา ขนาดบิตเกินบอร์ดเรท (Board Rate)

การเขียนโปรแกรมการทำงานของอาดูโนที่ไม่มีฐานข้อมูลรองรับจำนวนเมนูในการสั่งจะส่งผลให้พื้นที่ในบอร์ดเรทของอาดูโนเกินแล้วส่งผลให้การทำงานของโปรแกรมจะไม่เป็นไปตามต้องการและจะทำให้โปรแกรมทำงานผิดพลาดได้

วิธีการแก้ไข

พยายามเขียนโค้ดที่ไม่ซับซ้อน และไม่ให้เปลืองบรรทัดมากเกินไป โดยการเขียนโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมก่อนเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดแล้วค่อยเขียนโปรแกรมจริงตามที่ออกแบบโฟลว์ชาร์ตไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 ปัญหาระหว่างกดรับคำสั่งภาครับแต่ภาคส่งไม่สามารถทำรายการต่อได้

ระหว่างที่อุปกรณ์ภาคส่งได้ส่งรายการอาหารมาที่อุปกรณ์ภาครับ เมื่ออุปกรณ์ภาครับกดรับคำสั่ง อุปกรณ์ภาคส่งตัวอื่นไม่สามารถส่งรายการอาหารมาที่อุปกรณ์ภาครับได้ ต้องรอจนกว่าอุปกรณ์ภาครับทำรายการเสร็จเสียก่อนจึงจะสามารถทำรายการของอุปกรณ์ภาคส่งเครื่องอื่นได้

วิธีการแก้ไข

เขียนโค้ดเพิ่มเติมจากแต่ก่อนกดปุ่มเอรับคำสั่ง ให้เพิ่มปุ่มบีเพื่อส่งข้อมูลกลับไป เพื่อรองรับการสั่งงานจากเครื่องอื่นได้อย่างต่อเนื่อง

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากได้ทำการพัฒนาทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของตัวรับส่งสัญญาณไร้สาย โดยสามารถพัฒนาเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งอาหารผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้เลยหรือทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่นในโทรศัพท์ ให้รองรับกับการสั่งรายการอาหารผ่านทางโทรศัพท์มือถือ ในปริญญานิพนธ์นี้ได้ส่งข้อมูลรายการอาหารผ่านหน้าจอแอลซีดี โดยผู้พัฒนาสามารถพัฒนาจากหน้าจอแอลซีดีเป็นหน้าจอทัชสกรีน (Touch Screen) เพื่อสะดวกต่อผู้ใช้งานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] J. A. Titus, **"The Hands-on XBEE Lab Manual: Experiments that Teach you XBEE Wirelesss Communications"**, Newnes., 2012.

[2] W. S. LanF.Akyildiz, yogeshSankarasubramaniam, ErdalCayirci, **"A Survey on Sensor Network,"** IEEE Communication Magazine., 2002.

[3] Jahn, M.; Jentsch, M.; Prause, C.R.; Pramudianto, F.; Al-Akkad, A.; Reiners, R.; ,**"The Energy Aware Smart Home," Future Information Technology.,** 2010

[4] Verdone, R.; Dardari, D.; Mazzini, G.; Conti, A. Wireless Sensors and Actuator Networks. Parallax Inc., 2008.

[5] Goran HORVAT, Damir Sostaric, Drago Zagar. **"Power Consumption and RF Propagation analysis on ZigBee XBee Modules for ATPC"**. 35th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), IEEE., 2012.

[6] Holger Karl ,Andreas Willing. **"Protocol and Architectures for Wireless Sensor Networks"**, John Wiley and Sons., 2005.

[7] I.Demirkol, C.Ersoy, **"Wake-Up Receiver for Wireless Sensor Networks: Benefits and Challenges"**, IEEE Wireless Communication., 2009.

[8] M. Simon, **"Programming Arduino: Getting Started With Sketches"**, McGraw-Hil., 2012.

[9] Stojcev, M.K, Kosanovic, M.R,Golubovic, L.R. **"Power management and energyharvesting techniques for wireless sensor nodes"** IEEE Communication Magazine., 2009.

[10] C. Kompis , P.Sureka, **"Power Management Technologies to Enable Remote and Wireless Sensing"**, ESP central Ltd., 2010.

[11] Bo Zhao, Huazhong Yang, **"Design of Radio-Frequency Transceivers for Wireless Sensor Networks"**, InTech., 2010

[12] F.L.Lewis, **"Wireless Sensor Networks. Smart Environments: Protocols and Applications"**,John Willey., 2010

[13] Jun Zheng, Abbas Jamalipour, **"Wireless Sensor Networks: A Networking Perspective"**, John & Sons, Inc., 2009.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] S. Misra et al. (eds.), **"Guide to Wireless Sensor Networks, Computer Communications and Networks"**, Springer-Verlag London Limited., 2009.

[15] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin. **"Medium Access Control with Coordinated,Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks.IEEE/ACM Transactions on Networking"**, IEEE Wireless Communication., 2004.

[16] F. M. Cady, **"Microcontrollers and Microcomputers Principles of Software and Hardware Engineering"**, Oxford University Press, Inc., 2009.

[17] M. Hebel, G. Bricker, D. Harris, **"Getting Started with XBee RF Modules"**, Parallax Inc., 2010.

[18] V.Mayalarp, N.Limpaswadpaisarn, T.Poombansao, S.Kittipiyakul, **"Wireless Mesh Networking with XBee"**, O'Relly, Inc., 2009.

[19] Robert Faludi. **"Building Wireless Sensors Networks"**, John Wiley and Sons., 2011.

[20] M. Margolis, **"Arduino Cookbook"**, O'Reilly Media Inc., 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

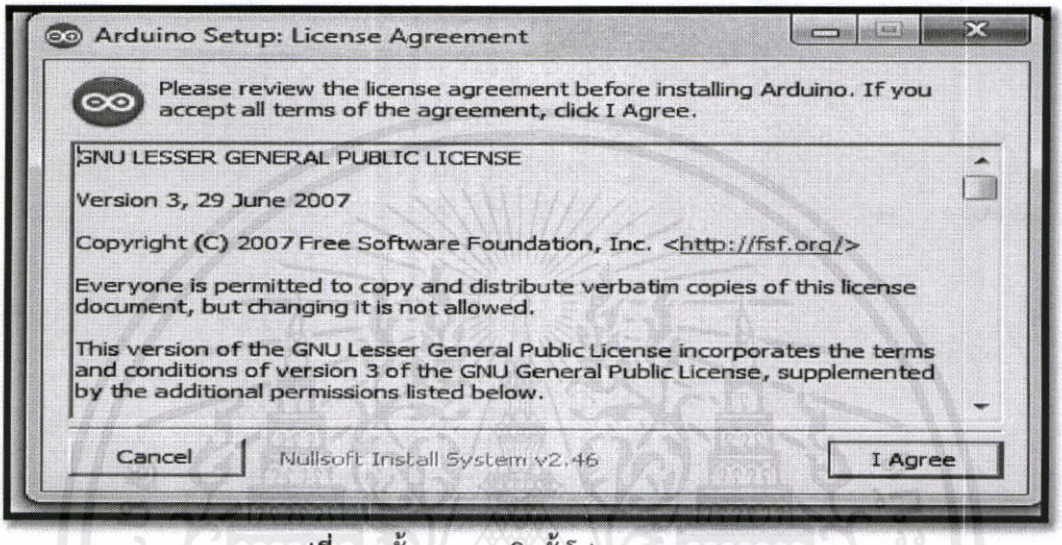
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
คู่มือการติดตั้ง

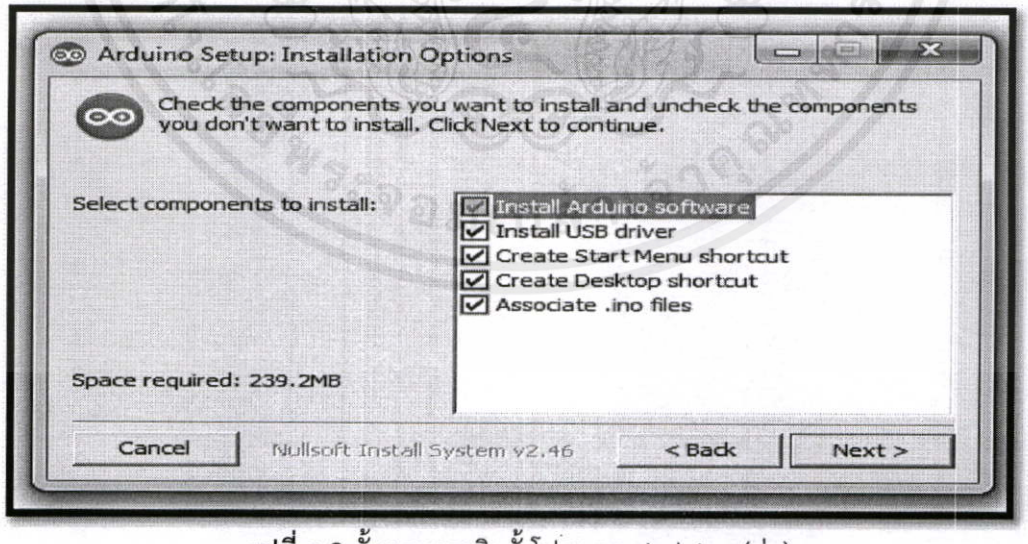
1. การติดตั้งโปรแกรม Arduino

1.1 เปิดโปรแกรมสำหรับลงโปรแกรม Arduino



รูปที่ ก.1 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino

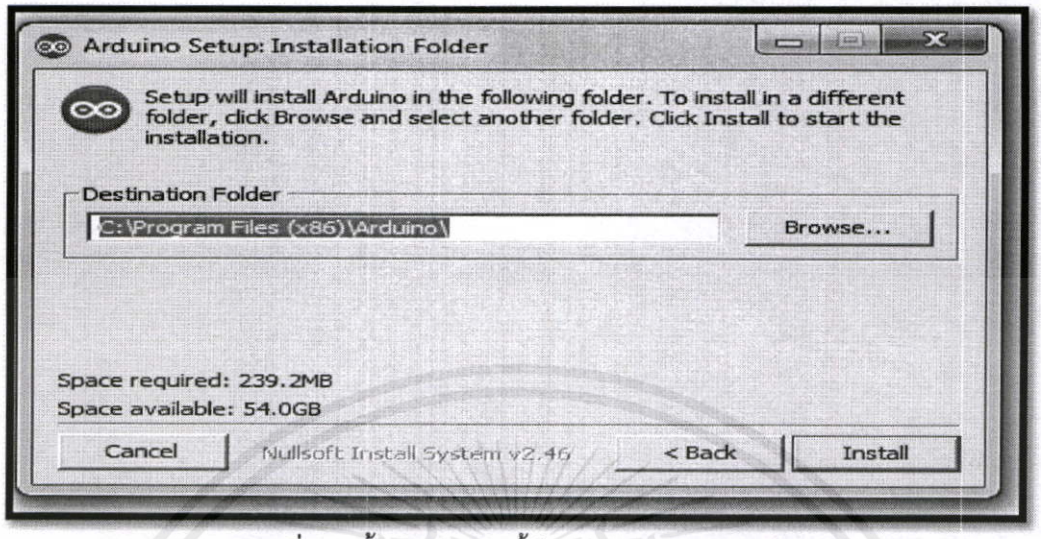
1.2 เลือกโปรแกรมย่อยของโปรแกรม Arduino ที่ต้องการจะลง



รูปที่ ก.2 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino (ต่อ)

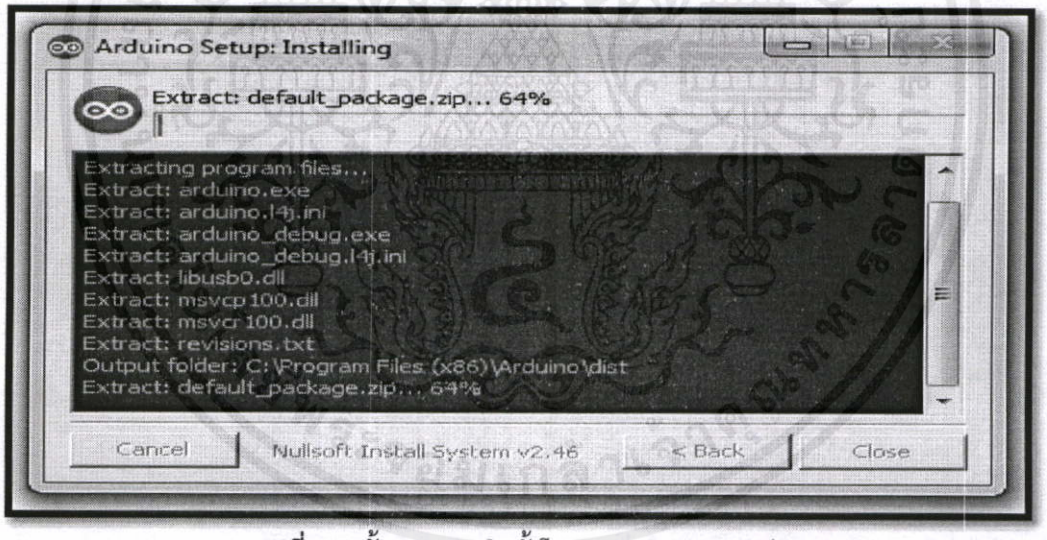
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เลือกตำแหน่งที่จะลงโปรแกรม Arduino



รูปที่ ก.3 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino (ต่อ)

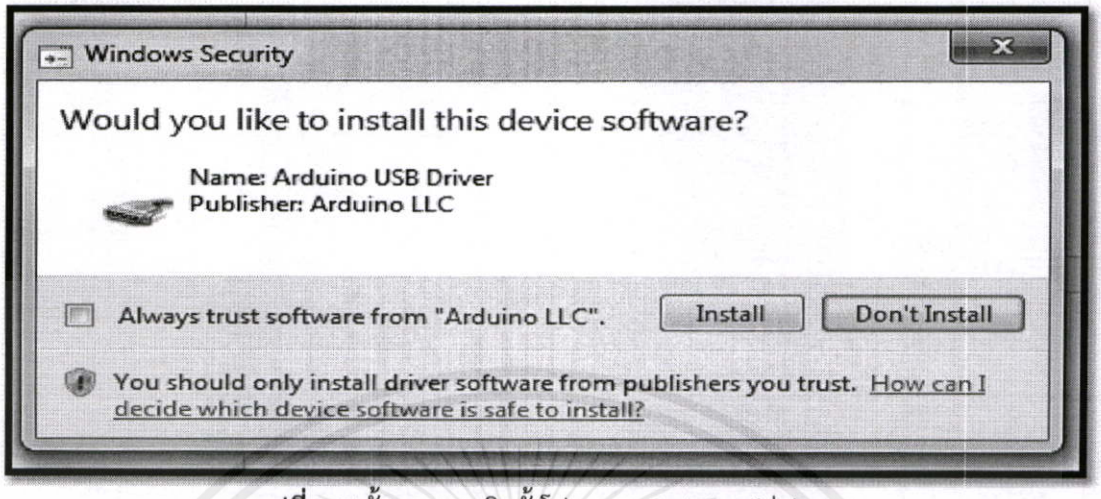
1.4 โปรแกรมกำลังติดตั้งลงคอมพิวเตอร์



รูปที่ ก.4 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino (ต่อ)

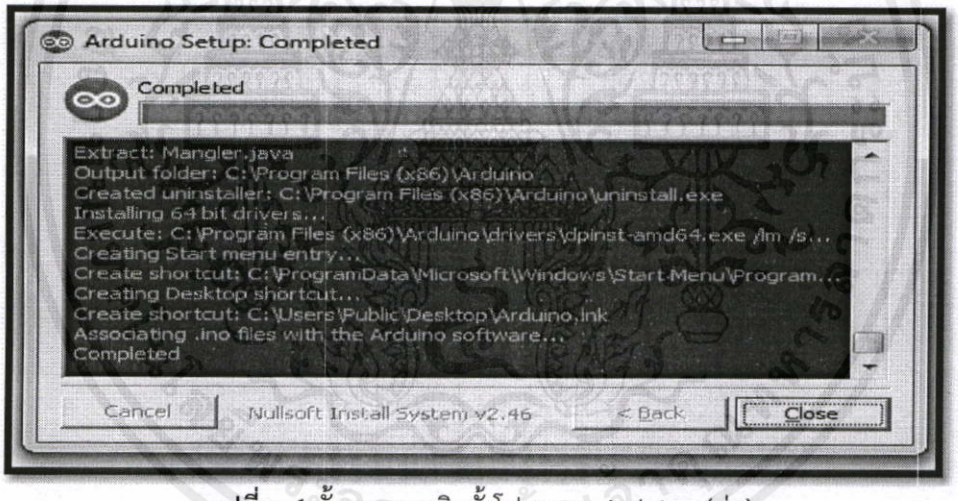
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 โปรแกรมขออนุญาตลง port สำหรับ Arduino



รูปที่ ก.5 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino (ต่อ)

1.6 โปรแกรมลงเสร็จเรียบร้อย



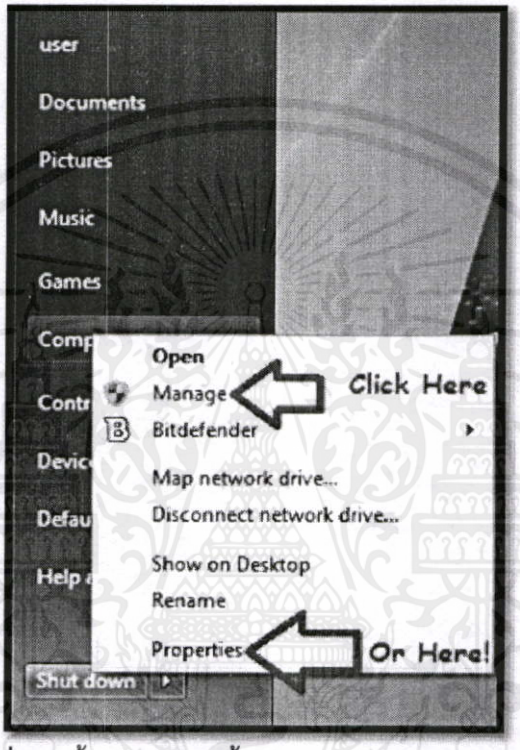
รูปที่ ก.6 ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Arduino (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Install the Arduino Windows Drivers

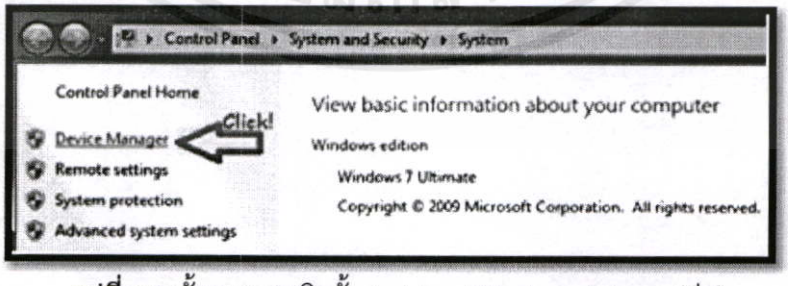
2.1 ทำการต่อบอร์ด Arduino ลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ กรณีที่ หา port driver ของโปรแกรม Arduino ไม่พบให้ดำเนินการตามข้อ 2.2

2.2 Start the Windows Device Manager ให้ Click ไปที่ปุ่ม Start menu คลิกขวาที่ My Computer บน Start menu แล้วก็ click Properties or Manage จาก pop-up menu เพื่อทำการเปิด Device Manager



รูปที่ ก.7 ขั้นตอนการติดตั้ง Arduino Windows Drivers

2.3 Click ไปที่ Device Manager เพื่อ Start device manager



รูปที่ ก.8 ขั้นตอนการติดตั้ง Arduino Windows Drivers (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

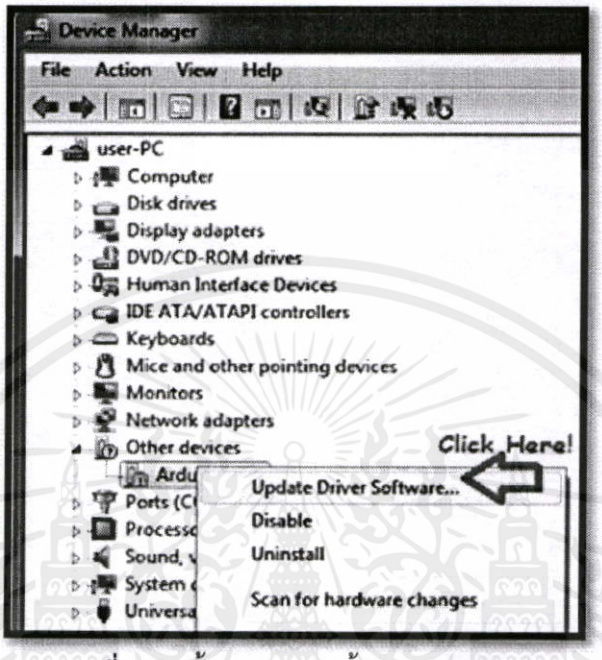
2.4 Device Manager จะเปิด และแสดง Arduino Device ที่ทำการเชื่อมต่อไว้ โดยชื่อจะแสดงขึ้นมาให้เห็นตามชนิดบอร์ดที่ใช้ จะพบเครื่องหมายตกใจ ขึ้นสีเหลืองๆ ซึ่งแสดงว่า อุปกรณ์ Arduino ไม่สามารถทำการติดตั้งได้

รูปที่ ก.9 ขั้นตอนการติดตั้ง Arduino Windows Drivers (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

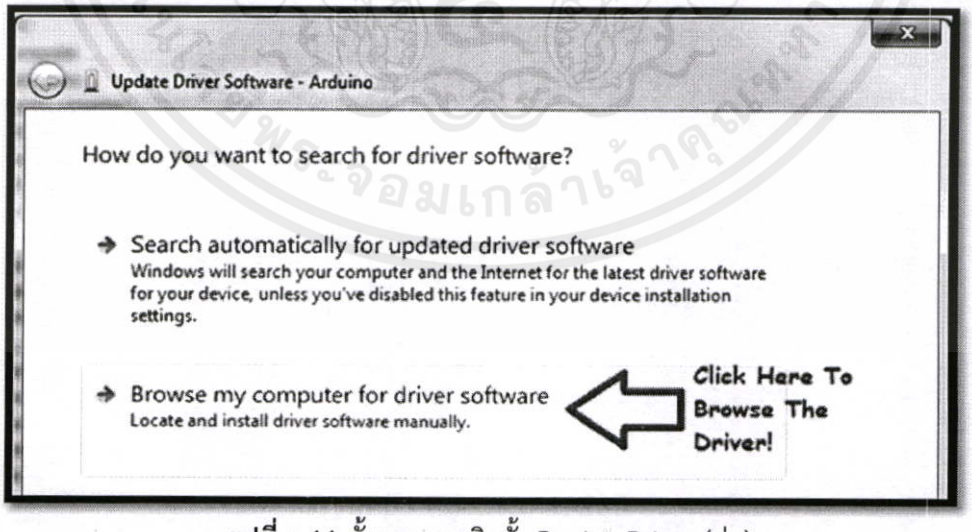
3. Installing the Device Driver

3.1 ในหน้าต่างของ Device Manager ให้คลิกขวาไปที่ Arduino board แล้ว click Update Driver Software บน pop-up menu



รูปที่ ก.10 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver

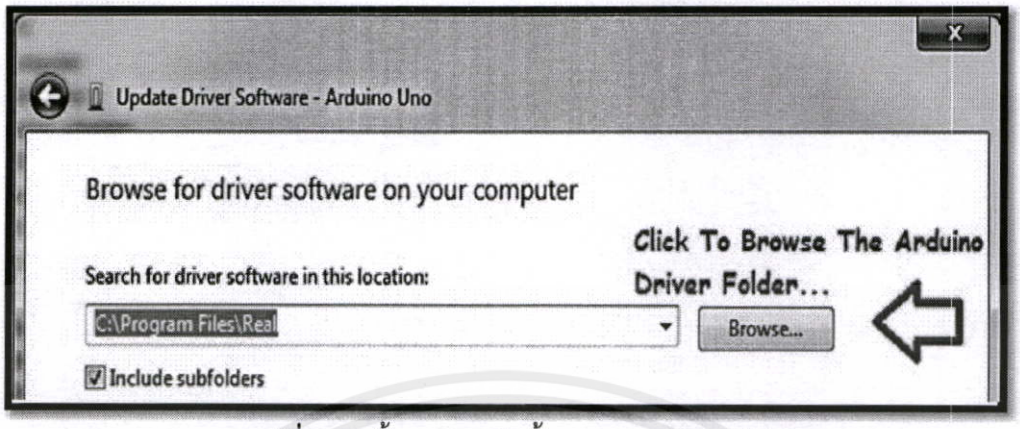
3.2 จะมีกล่องขึ้น pop-up มาโชว์ว่า Update Driver Software ให้คลิกที่ Browse my computer for driver software เพื่อที่จะ install Driver Software Manually



รูปที่ ก.11 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ต่อไป click the Browse...



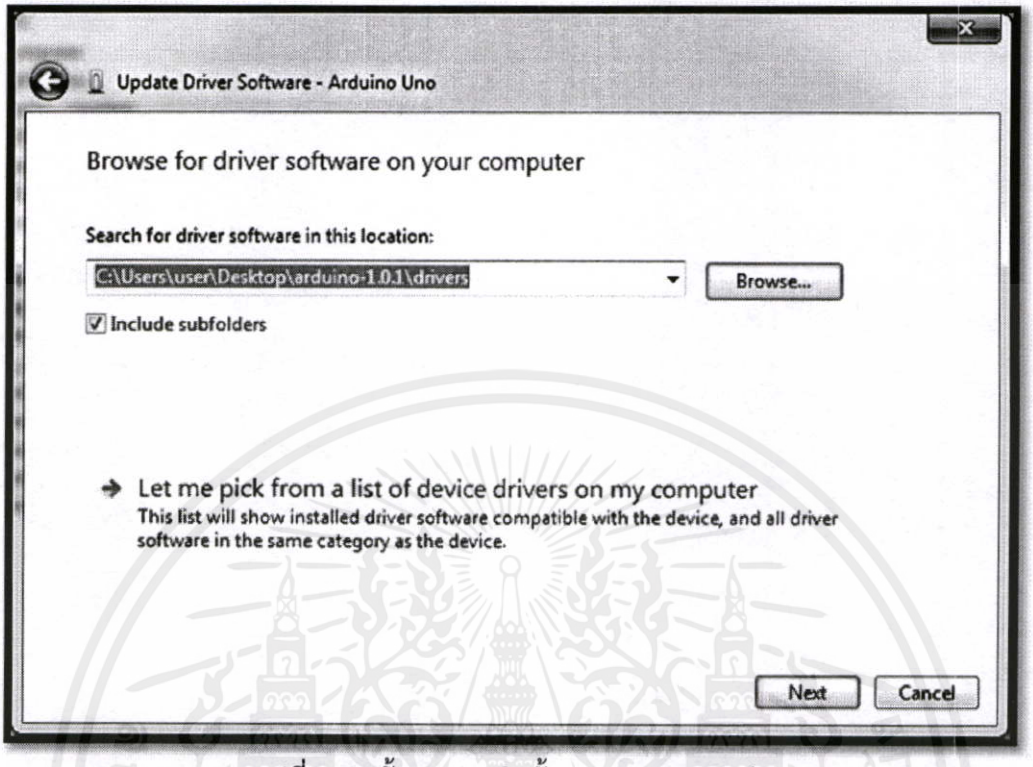
รูปที่ ก.12 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver (ต่อ)

3.4 เลือกไปที่ drivers folder ใน Arduino folder ที่ได้ download มา

รูปที่ ก.13 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver (ต่อ)

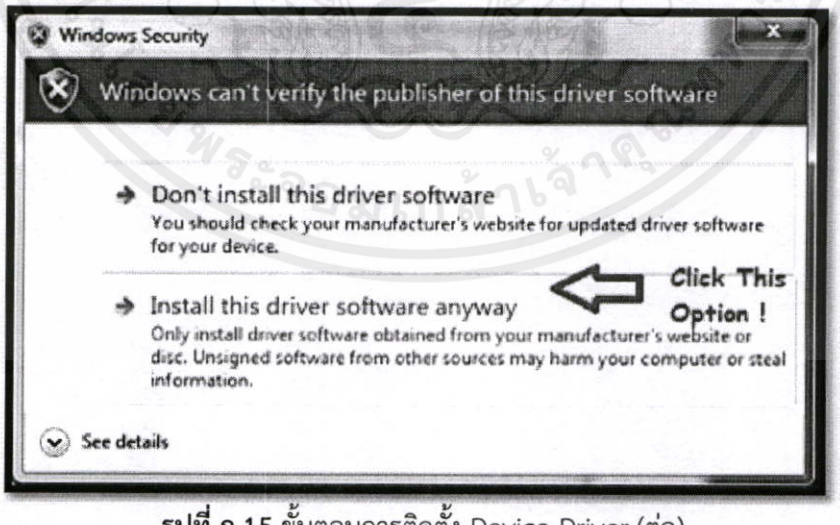
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลังจากเลือกไปที่ driver folder เรียบร้อยแล้ว ให้ click Next



รูปที่ ก.14 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver (ต่อ)

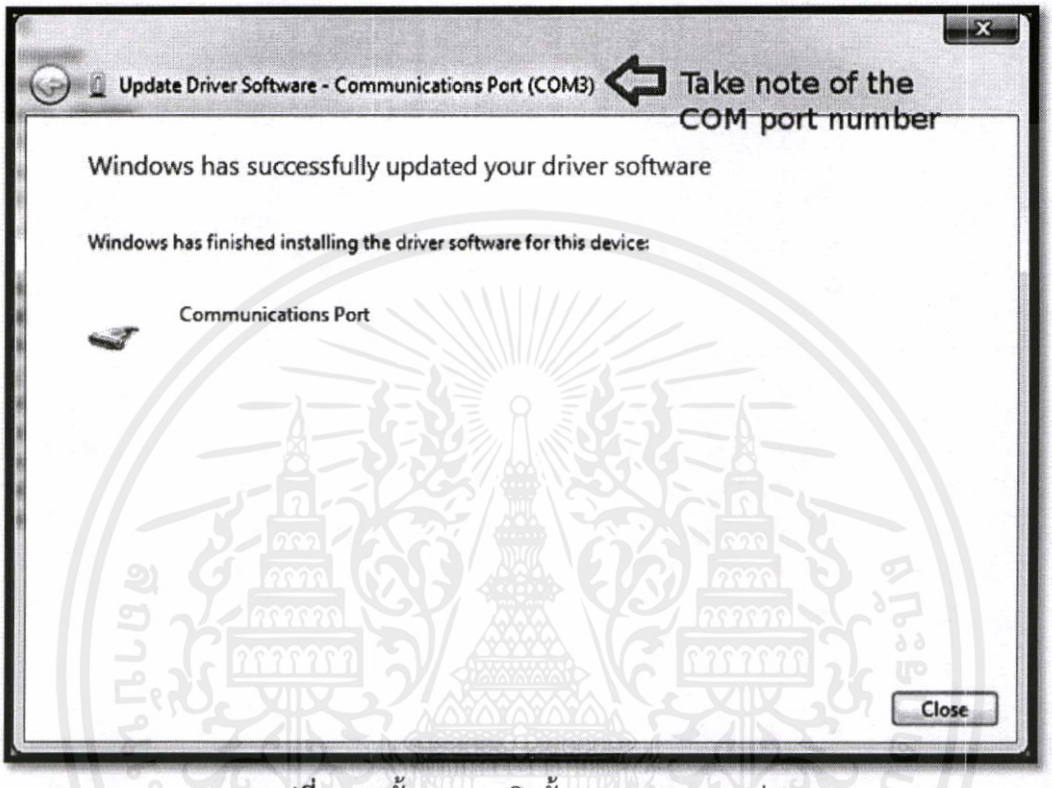
3.6 จะมีกล่อง pops up ขึ้นมา click Install this driver software anyway to continue the Arduino Board Drivers....



รูปที่ ก.15 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 เมื่อทำการ Install Drive เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะมี dialog box ตามรูปข้างล่าง โดยต้องทราบ port number ที่ บอร์ด Arduino ทำการเชื่อมต่ออยู่ในตัวอย่างนี้คือ Port COM3 แต่บอร์ดที่ใช้งานจริงอาจจะมาเป็น Port COM อื่นๆ ได้ เมื่อทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการ "Close" ได้เลย

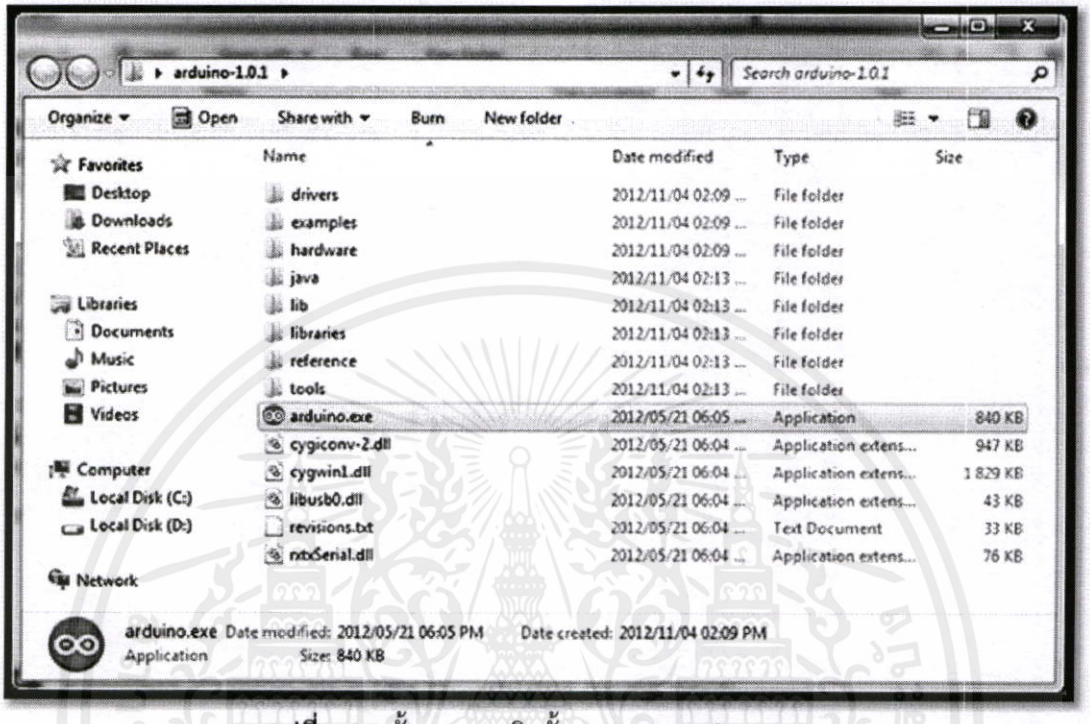


รูปที่ ก.16 ขั้นตอนการติดตั้ง Device Driver (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการติดตั้ง Arduino Software

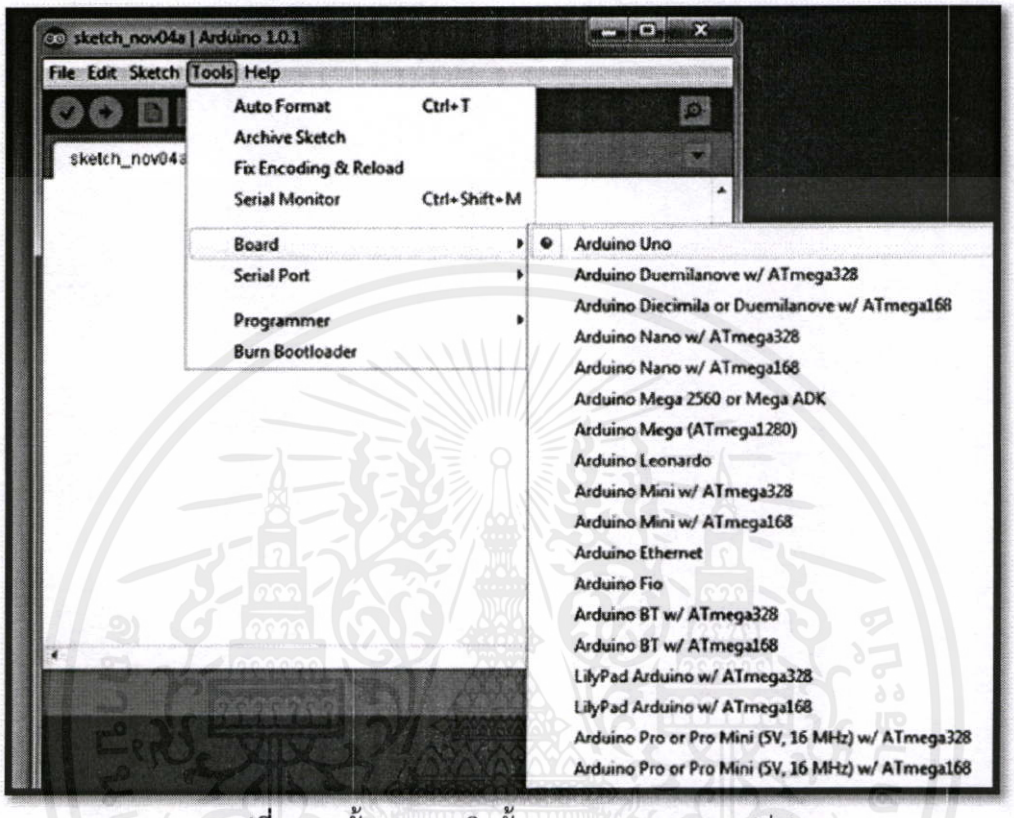
4.1 การติดตั้งนี้ทำแค่ครั้งเดียวโดยเลือกไปที่ folder ที่ได้เก็บ Arduino IDE ไว้ และทำการ start Software ของ Arduino IDE โดยทำการ double-clickingไปที่ Arduino application.



รูปที่ ก.17 ขั้นตอนการติดตั้ง Arduino Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 จากนั้นเลือกรุ่นของ Arduino board ที่ทำการเชื่อมต่อให้ถูกต้องจากในรายชื่อทำการตรวจสอบว่า serial port ที่ต่ออยู่ได้ถูกเลือกอย่างถูกต้อง เลือกไปที่ Computer Serial Port ที่ Arduino ทำการต่อเชื่อมอยู่



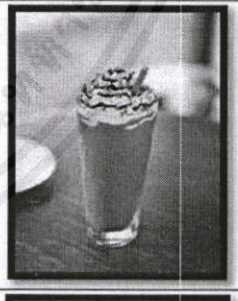
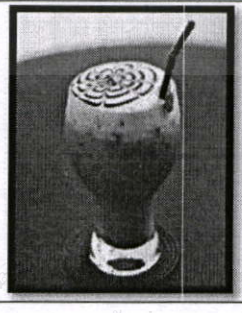
รูปที่ ก.18 ขั้นตอนการติดตั้ง Arduino Software (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
คู่มือการใช้งาน

1. เมนูอาหาร

ตารางที่ ข.1 เมนูอาหาร

หมายเลขรายการอาหาร	รายการอาหาร	ราคา (บาท/แก้ว)	รูปอาหาร
หมายเลข 1	ลาเต้ (latte)	30.00	
หมายเลข 2	นมสด (Milk)	25.00	
หมายเลข 3	น้ำชา (Tea)	20.00	
หมายเลข 4	ม็อคค่า (Mocha)	30.00	
หมายเลข 5	โกโก้ (Cocoa)	25.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาต[illegible]ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

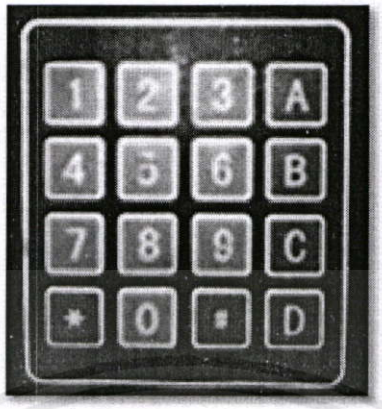
2. วิธีการสั่งอาหาร

รูปที่ ข.1 แป้นพิมพ์ขนาด 4 X 3

1. เลือกรหัสรายการอาหารที่ต้องการ
2. กดรหัสรายการอาหารลงบนแป้นพิมพ์
3. กด 1 ครั้งเพื่อเลือกรายการอาหารที่ต้องการ
4. กด 1 ครั้ง เพื่อยืนยัน หรือ กด 1ครั้ง เพื่อยกเลิกรายการอาหารแล้วกลับไปสั่งใหม่
5. กดจำนวนที่ต้องการลงบนแป้นพิมพ์
6. กด 1 ครั้งเพื่อเลือกจำนวนที่ต้องการ
7. กด 1 ครั้ง เพื่อยืนยัน หรือ กด 1ครั้ง เพื่อยกเลิกจำนวนแล้วกลับไปเลือกจำนวนใหม่
8. รอรับรายการที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีการรับรายการอาหาร



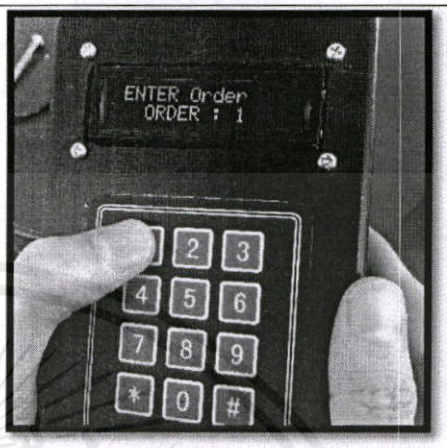
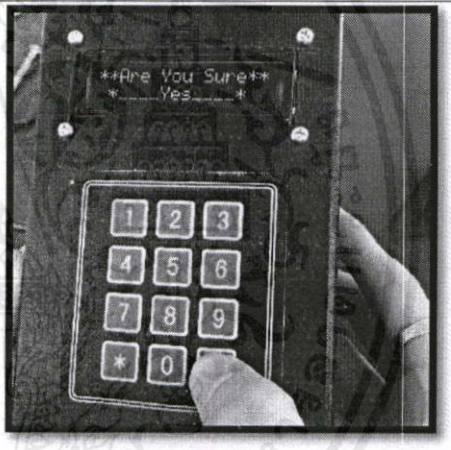
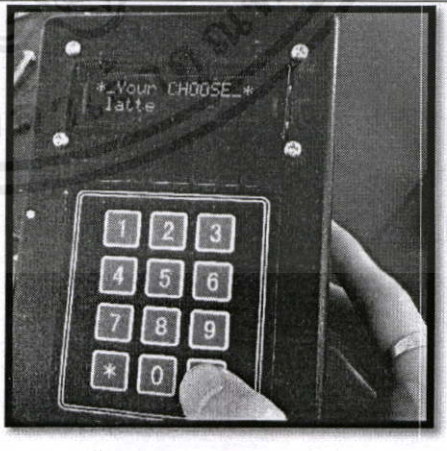
รูปที่ ข.2 แป้นพิมพ์ขนาด 4 X 4

1. เมื่อมีรายการสั่งเข้ามา จะมีเสียงเตือนให้กดเลขที่แป้นพิมพ์ตามหมายเลขโต๊ะที่สั่งมา
2. จัดรายการอาหารตามที่ลูกค้าสั่งมา
3. กด A ที่แป้นพิมพ์ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเก็บเงิน และกด B เพื่อแสดงให้ลูกค้ามารับ สินค้าและจ่ายเงิน
4. หลังจากทำรายการเสร็จแล้วให้กด # เพื่อรอรายการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

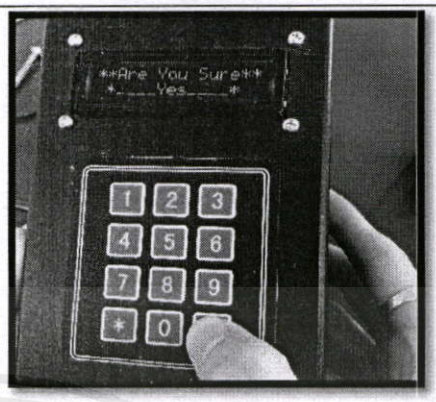
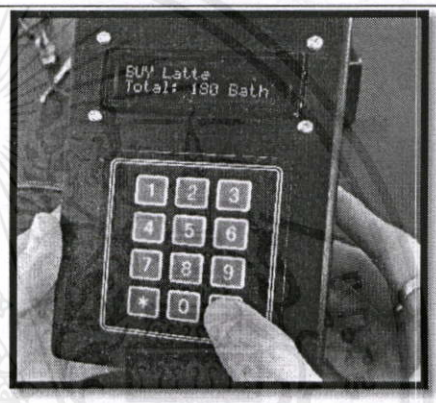
4. ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร

ตารางที่ ข.2 ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร

ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร
กดหมายเลข 1 (เลือกชุดอาหาร)	
กดหมายเลข # (ยืนยันรหัสอาหาร)	
กดหมายเลข # (ยืนยันรายการอาหาร)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

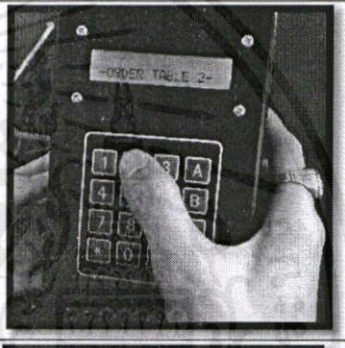
ตารางที่ ข.2 ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร (ต่อ)

ขั้นตอนการสั่งรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับรายการอาหาร
กดหมายเลข # (ยืนยันจำนวนอาหาร)	
กดหมายเลข # (ยืนยันการส่งข้อมูล)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร

ตารางที่ ข.3 ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร

ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย
รอรับคำสั่งจากเครื่องส่งข้อมูลไร้สาย	
กดยืนยันรับข้อมูลจาก เครื่องส่งข้อมูลไร้สาย เครื่อง 2 (กดหมายเลข 2)	
ตรวจสอบรายการอาหารที่สั่งผ่าน เครื่องส่งอาหารไร้สาย (กดหมายเลข A)	
ยืนยันเมื่อมีการจ่ายเงินค่าอาหาร (กดหมายเลข #)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

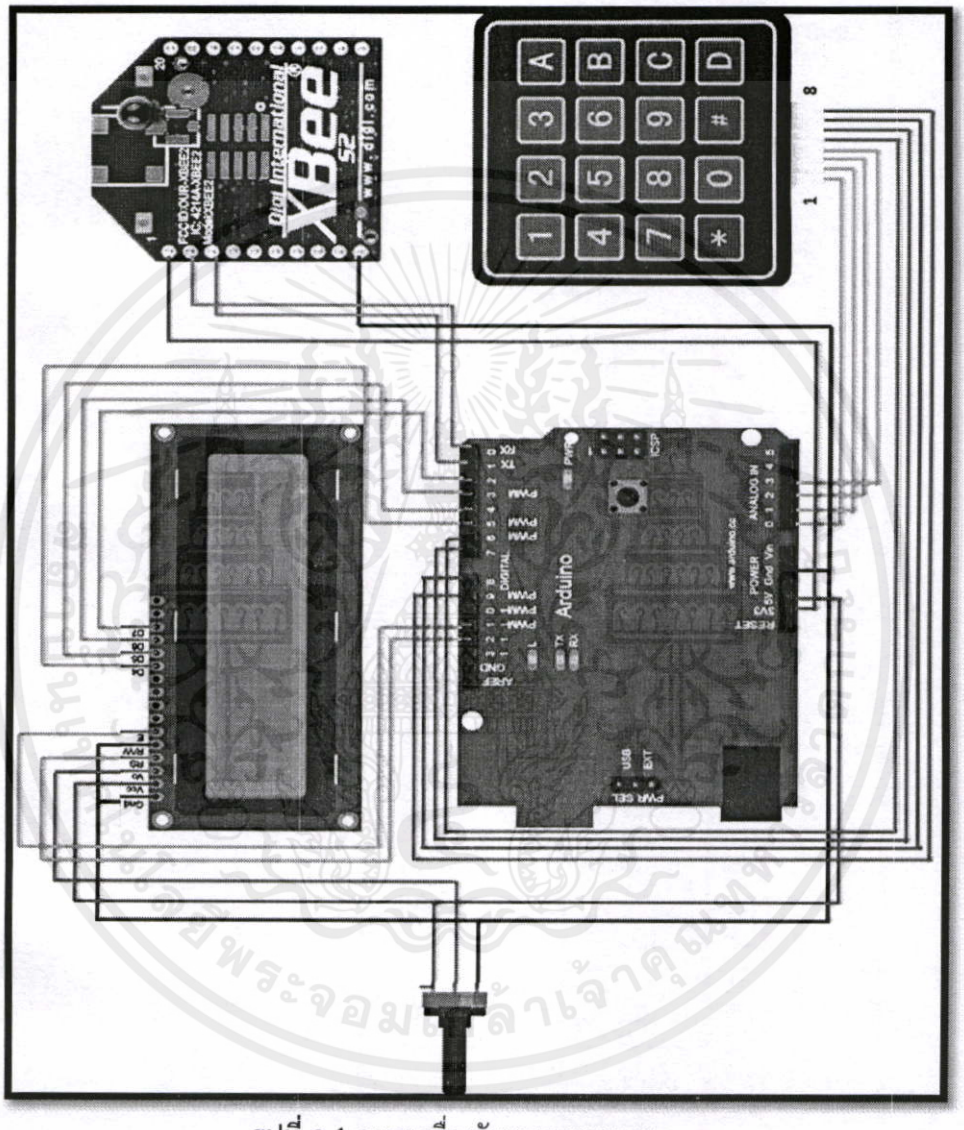
ตารางที่ ข.3 ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร (ต่อ)

ขั้นตอนการยืนยันรายการอาหาร	การทำงานของเครื่องรับสัญญาณไร้สาย
(กดหมายเลข #) กลับมาสู่หน้ารอรับคำสั่งอีกครั้ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

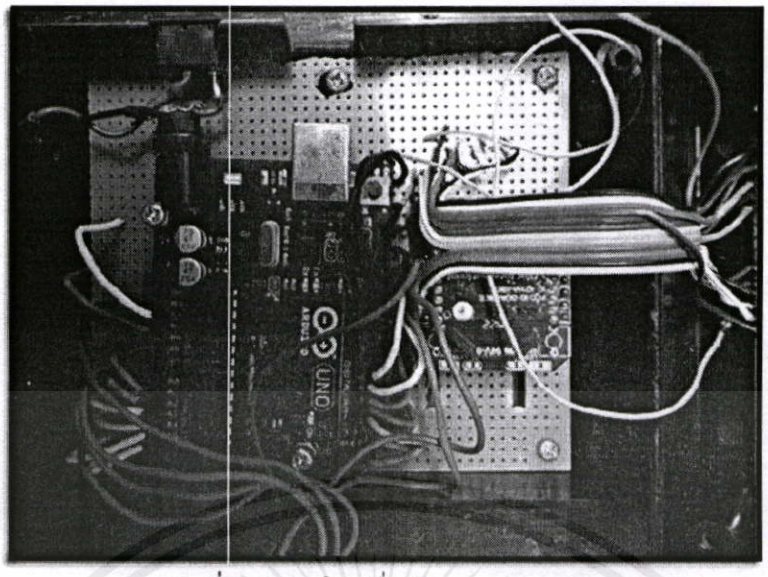
ภาคผนวก ค.
ชิ้นงาน

1. เครื่องรับรายการอาหาร



รูปที่ ค.1 วงจรเครื่องรับรายการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

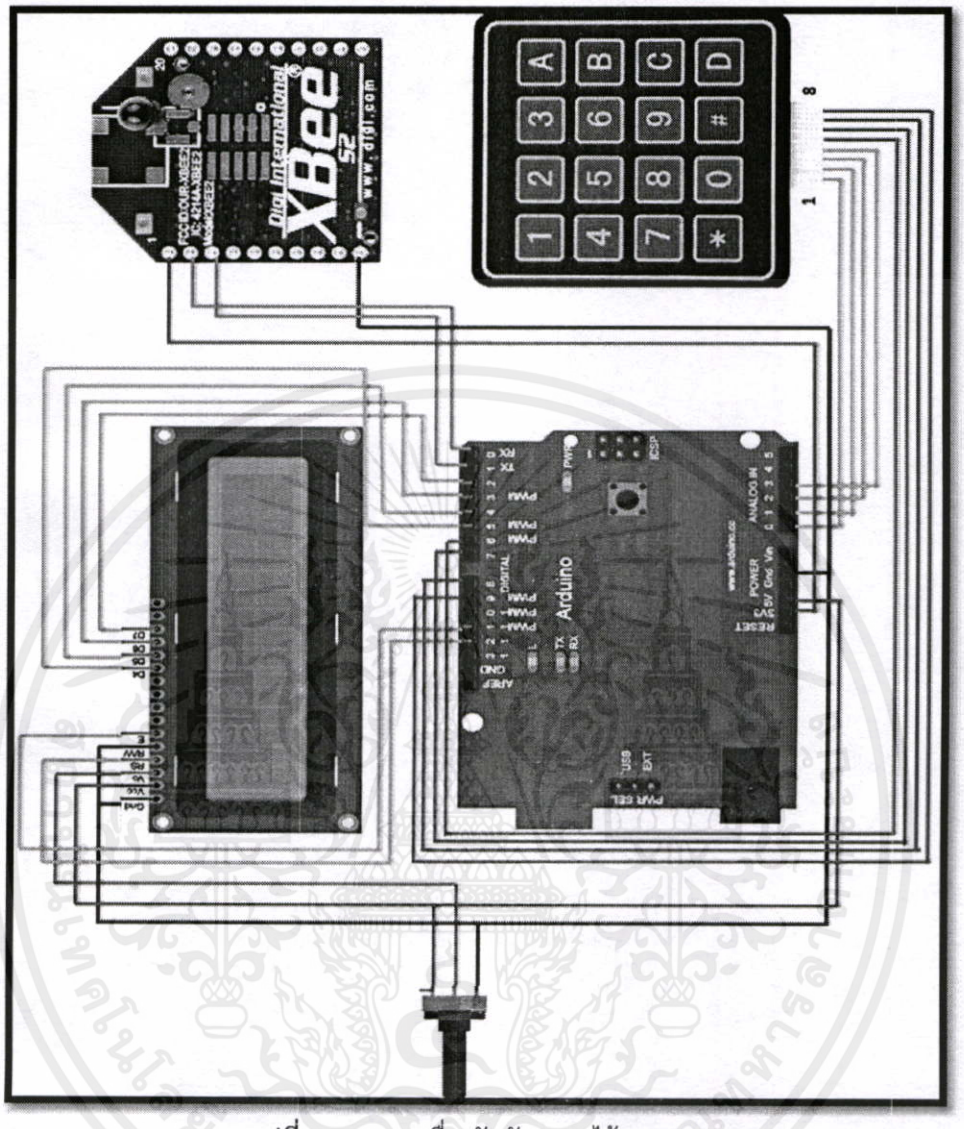


รูปที่ ค.2 ภายในเครื่องรับรายการอาหาร

รูปที่ ค.3 เครื่องรับรายการอาหาร

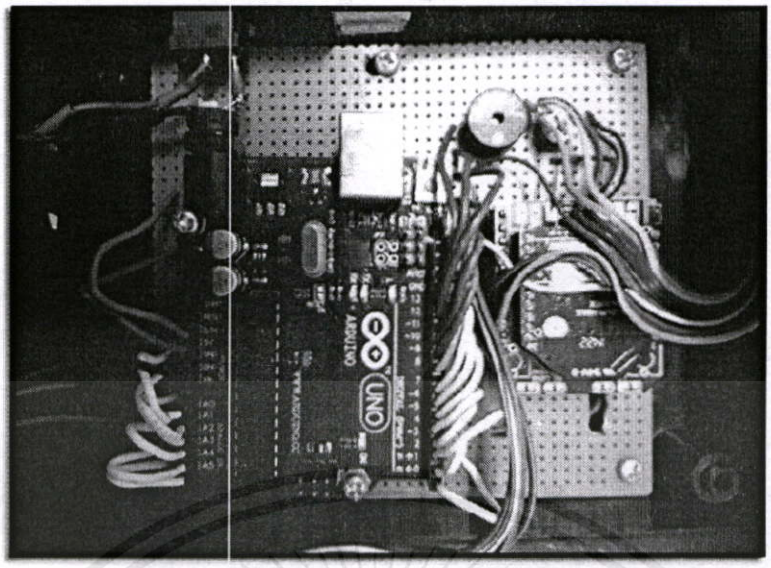
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องรับสัญญาณไร้สาย

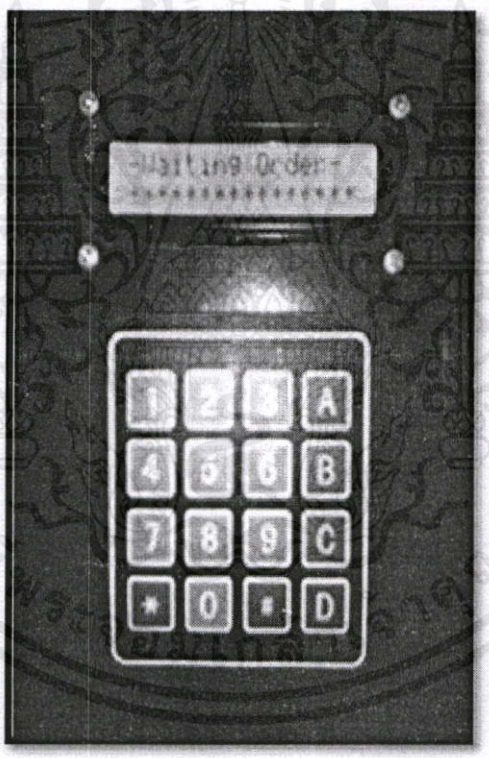


รูปที่ ค.4 วงจรเครื่องรับสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



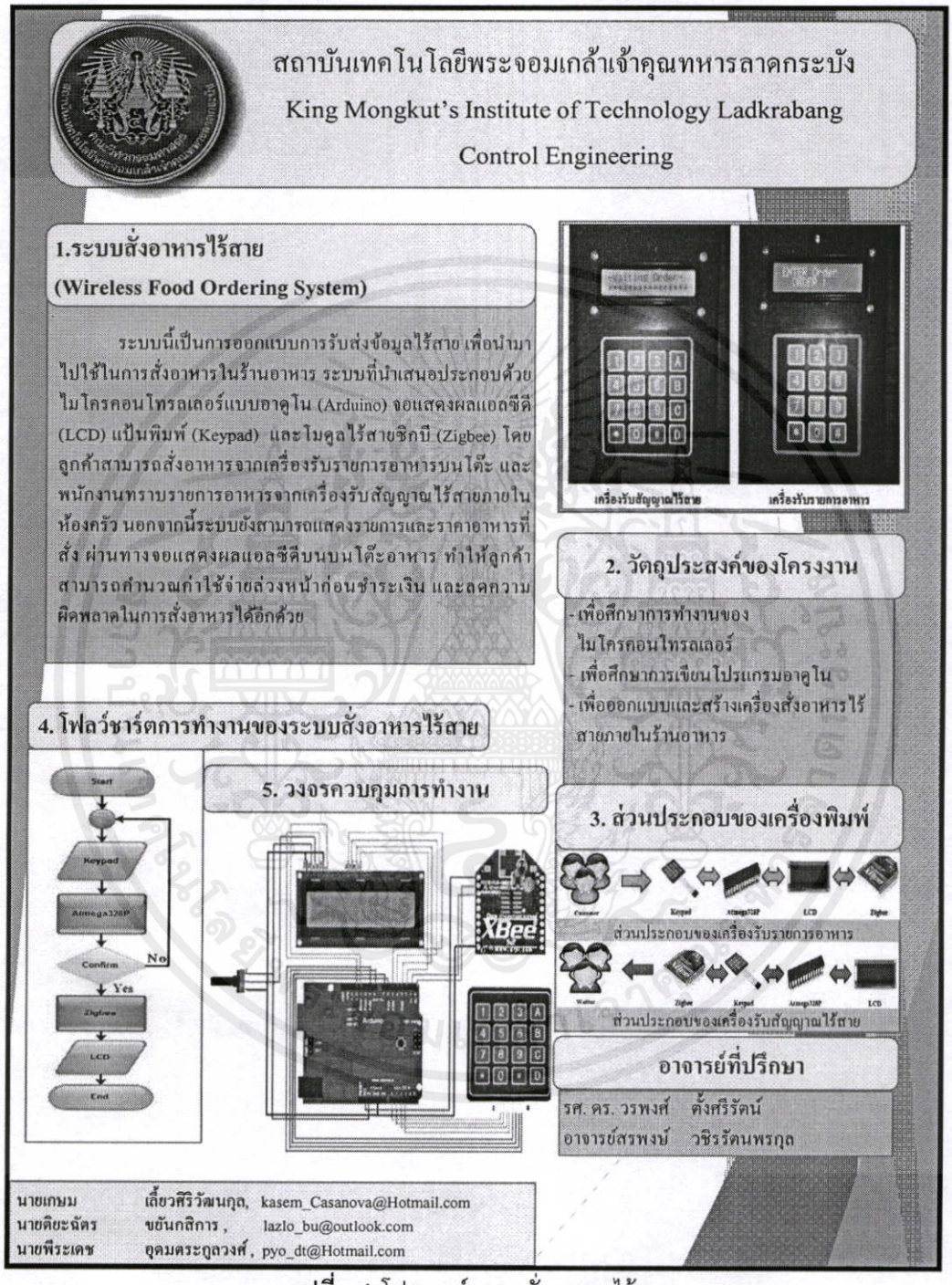
รูปที่ ค.5 ภายในเครื่องรับสัญญาณไร้สาย



รูปที่ ค.6 เครื่องรับสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
โปสเตอร์ระบบสั่งอาหารไร้สาย



รูปที่ ง.1 โปสเตอร์ระบบสั่งอาหารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้