สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบสารสนเทศเพื่อการเดินทางสาธารณะสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา

PUBILC TRANSPORTATION INFORMATION SYSTEM FOR VISUAL IMPAIRED PERSON

T103076

โดย

นายธนดล ทองวุฒิ

นายนิติพัฒน์ ศรีวงศ์

นายอาณัติ เขมะปัญญา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103076
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ค. 2552

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUBLIC TRANSPORTATION INFORMATION SYSTEM FOR VISUAL IMPAIRED PERSON

BY

Mr. Thanadon Thongwut

Mr. Nitipat Sriwong

Mr. Anat Kemapanya

THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเสนอปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบสารสนเทศเพื่อการเดินทางสาธารณะสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา
Public Transportation Information System for Visual Impaired Person

นักศึกษา นายธนดล ทองวุฒิ รหัสนักศึกษา 49015450
นายนิติพัฒน์ ศรีวงศ์ รหัสนักศึกษา 49015457
นายอาณัติ เขมะปัญญา รหัสนักศึกษา 49015477

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2551

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

(ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบสารสนเทศเพื่อการเดินทางสาธารณะสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา

ชื่อนักศึกษา นายธนดล ทองวุฒิ รหัสนักศึกษา 49015450
นายนิติพัฒน์ ศรีวงศ์ รหัสนักศึกษา 49015457
นายอาณัติ เขมะปัญญา รหัสนักศึกษา 49015477

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. มนต์ชัย แช่มช้อย

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงการประยุกต์และออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์ไร้สาย เพื่อพัฒนาให้มีความสามารถที่จะช่วยผู้บกพร่องทางสายตาเกี่ยวกับการโดยสารรถประจำทาง โดยอุปกรณ์นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นภาคส่งสัญญาณจะติดที่รถบังคับวิทยุเพื่อส่งข้อมูลที่เป็นหมายเลขทะเบียนรถประจำทางและความแรงของสัญญาณ ในส่วนที่ 2 เป็นภาครับสัญญาณจะติดที่ป้ายรถประจำทาง เมื่อรถประจำทางมาถึงระยะที่สามารถรับสัญญาณได้ภาคส่งก็จะส่งข้อมูลมาให้ภาครับหลังจากนั้นจะแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณเสียงเพื่อแจ้งเตือนสายและเส้นทางรถประจำทางที่กำลังจะมาถึงและที่เข้าจอดป้ายนั้น ผลจากการทดลองพบว่าสามารถส่งข้อมูลระหว่างภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณโดยใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในการตรวจสอบหมายเลขทะเบียนรถประจำทางและความแรงของสัญญาณที่ส่งไปยังภาครับสัญญาณเพื่อทำการเล่นเสียงสายรถประจำทางได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Tital Public Transportation Information System for Visual Impaired Person

Student Mr. Thanadon Thongwut ID 49015450

Mr. Nitipat Sriwong ID 49015457

Mr. Anat Kemapanya ID 49015477

Advisor Asst.Prof. Monchai Chamchoy

Graduate Level Bachelor Degree of Information Engineering

Department Information Engineering

Academic Year 2008

ABSTRACT

This project mentions to the application of an electronic equipment design together with wireless equipment for helping a visual impaired person related to traveling. There are two parts of this equipment first a signal transmitter is struck at the radio car to send the bus number and value force of signal to a receiver. The second part is the signal receiver which is struck at the bus stop. This past will receive the signal from the transmitter while the bus arrives within the designated areas and changes the signal to sounds that would tell the visual impaired people what the bus number is coming. The microcontroller is a significant tool for controlling sending and receiving data between the transmitter and the receiver on signal to be sound.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ได้เลย ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือและขอขอบคุณ ผ.ศ.มนต์ชัย แช่มช้อย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้โอกาสในการทำโครงงานนี้ และยังช่วยให้คำปรึกษา การแนะนำขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ ตลอดจนแนวทางการหาข้อมูลที่ใช้ประกอบในรายงาน และทุกขั้นตอนที่อาจารย์พูดและสอน ความทุ่มเทที่มีให้กับนักศึกษาอย่างเต็มใจ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอขอบคุณทางภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศที่หล่อหลอมให้ผู้จัดทำทั้งสามคนจนมาถึงจุดนี้ได้มีความรู้ความสามารถทำให้เกิดความรู้แจ้งเห็นจริงในเส้นทางของการดำเนินชีวิตที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ที่ขาดไม่ได้ก็คือเหล่าคณาจารย์ในภาควิชาทุกท่านที่ทุ่มเททำการสอนวิชาต่างๆด้วยดีตลอดมา เมื่อมีปัญหาใดๆตัวของนักศึกษาเองก็สามารถสอบถามเรื่องราวและข้อสงสัยต่างๆ ได้จากทุกท่าน

ผู้จัดทำขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่ให้คำแนะนำที่ดี ทั้งในเรื่องการทำโครงงานนี้ และการแบ่งเวลาในการทำงาน ทั้งยังคอยเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำให้การทำโครงงานครั้งนี้ให้ผ่านช่วงเวลายากลำบากให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

และที่สำคัญที่สุดคือ กำลังใจและความห่วงใยจากครอบครัวของผู้จัดทำทั้งสองคนที่มีเสมอมาไม่เคยขาด ขอขอบคุณบิดา มารดาและญาติๆ ในทุกๆเรื่อง รวมถึงการสนับสนุนด้านการเงินในเรื่องเรียนตั้งแต่ปีแรกจวบจนปีสุดท้ายของการเรียนที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ในสถาบันแห่งนี้

ท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ร่วมทำโครงงานที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข ฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆมาด้วยกัน การทำงานร่วมกันครั้งนี้จะเป็นประสบการณ์ที่ยิ่งใหญ่ และความทรงจำที่ดีตลอดไป หากไม่มีทุกคนที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ โครงงานนี้ก็คงมิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตรงตามจุดประสงค์ที่แท้จริงของโครงงานได้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 เทคโนโลยี Zigbee และ การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	
2.1 มาตรฐาน IEEE 802.15.4	4
2.2 โครงสร้างของโปรโตคอล ZigBee	5
2.2.1 Application layer	5
2.2.2 Application support sub-layer	5
2.2.3 Network layer	5
2.3 โมดูล XBee Series 2	7
2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค	7
2.4 การขัดขา	8
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128	10
2.5.1 อินพุต/เอาต์พุต AVR ATmega128	10
2.5.2 คุณสมบัติที่สำคัญของ AVR ATmega128	11
2.5.3 รายละเอียดขาพอร์ต ATmega128	12
2.5.4 อินเตอร์รัปต์ AVT ATmega 128	18
2.5.5 พอร์ตอนุกรมใน ATmega 128	25
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550	25
2.6.1อินพุต/เอาต์พุต PIC 18F4550	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 โครงสร้างภาษา C ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	34
บทที่ 3 การออกระบบและหลักการทำงาน	
3.1 อธิบายหลักระบบและหลักการทำงาน	39
3.2 อธิบายหลักการทำงานภาคส่งข้อมูล	40
3.3 อธิบายหลักการทำงานภาครับข้อมูล	45
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การสร้างเครือข่าย	51
4.1.1 การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ	52
4.1.1.1 NonBeacon	53
4.1.1.2 NonBeacon (w/Coordination)	53
4.1.1.3 Association	53
4.1.1.4 Coordinator/End Device Setup and Operation	54
4.1.1.5 NonBeacon (w/Coordinater)Systems	54
4.1.1.6 Coordinator Power-up	54
4.1.1.7 End Device Power-up	55
4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองสร้างเครือข่ายไร้สาย	57
4.2.1 การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับ Coordinator	57
4.2.2 การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับ End Device	58
4.3 การรับส่งข้อมูลภายในเครือข่าย	59
4.3.1 การทดลองส่งข้อมูลจาก End Device มายัง Main office	60
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	
5.1 สรุปผลการทดลอง	66
5.2 แนวทางในการพัฒนา	66
5.3 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงงาน	66
5.4 แนวทางแก้ไข	67
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก วงจรและลายวงจร	
ภาคผนวก ข เครื่องรับส่งสัญญาณต้นแบบ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ลักษณะโครงงานโดยรวม	2
รูปที่ 2.1 รูปแบบเครือข่าย IEEE 802.15.4	4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างโปรโตคอล ZigBee	5
รูปที่ 2.3 โทโปโลยีของเครือข่าย ZigBee	6
รูปที่ 2.4 โมดูล XBee Series 2	7
รูปที่ 2.5 การจัดขาของโมดูล XBee Series 2 และฟังก์ชั่นในการทำงาน	9
รูปที่ 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ATmega128	10
รูปที่ 2.7 รายละเอียดขา ATmega128	11
รูปที่ 2.8 หน่วยความจำโปรแกรม	20
รูปที่ 2.9 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550	26
รูปที่ 2.10 แสดงรายละเอียดขา PIC 18F4550	27
รูปที่ 2.11 การต่อใช้งานสัญญาณนาฬิกาของวงจรรีโซเนเตอร์	32
รูปที่ 2.12 ออสซิลเลเตอร์แบบ RC	33
รูปที่ 3.1 ระบบการทำงาน	39
รูปที่ 3.2 บอร์ดภาคส่งข้อมูล	40
รูปที่ 3.3 วงจรภาคส่งข้อมูล	41
รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	42
รูปที่ 3.5 วงจรการเชื่อมต่อ IC MAX232	42
รูปที่ 3.6 วงจรดาวน์โหลดข้อมูล	43
รูปที่ 3.7 วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128	43
รูปที่ 3.8 วงจรการเชื่อมต่อโมดูล XBee Series 2	44
รูปที่ 3.9 บอร์ดภาครับข้อมูล	45
รูปที่ 3.10 วงจรภาครับข้อมูล	46
รูปที่ 3.11 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	47
รูปที่ 3.12 วงจรการเชื่อมต่อ IC MAX3222	47
รูปที่ 3.13 วงจรดาวน์โหลดข้อมูล	48
รูปที่ 3.14 วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550	48
รูปที่ 3.15 วงจรการเชื่อมต่อโมดูล XBee Series 2	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.16 บอร์ดภาครับเล่นเสียง	49
รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์ Coordinator ร่วมกับบอร์ด RS-232	51
รูปที่ 4.2 ชุดอุปกรณ์ End Device	52
รูปที่ 4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เป็น Coordinator	57
รูปที่ 4.4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เป็น End Device	59
รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลและสั่งงานบอร์ด MP3	60
รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูล	61
รูปที่ 4.7 ภาครับเมื่อยังไม่มีการรับส่งข้อมูล	62
รูปที่ 4.8 ภาครับ โดยใช้ บอร์ด XBee Dongle เมื่อมีการรับส่งข้อมูล	63
รูปที่ 4.9 อุปกรณ์ที่ใช้งานทั้งหมด	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	3
ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต A (PA0-PA7)	13
ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต B (PB0-PB7)	13
ตารางที่ 2.3 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต C (PC0-PC7)	14
ตารางที่ 2.4 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต D (PD0-PD7)	15
ตารางที่ 2.5 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต E (PE0-PE7)	16
ตารางที่ 2.6 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต F (PF0-PF7)	17
ตารางที่ 2.7 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต G (PG0-PG4)	17
ตารางที่ 2.8 การกำหนดรูปแบบของขาพอร์ต	18
ตารางที่ 2.9 รีเซตและอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์	18
ตารางที่ 2.10 ตำแหน่งรีเซตและอินเตอร์รัปต์เว็คเตอร์	21
ตารางที่ 2.11 การกำหนดขนาดของบูตรีเซต	21
ตารางที่ 2.12 รีจิสเตอร์ EICRA	22
ตารางที่ 2.13 การกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก	22
ตารางที่ 2.14 รีจิสเตอร์ EICRB	22
ตารางที่ 2.15 การกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก	23
ตารางที่ 2.16 รีจิสเตอร์ EIMSK	23
ตารางที่ 2.17 รีจิสเตอร์ EIFR	24
ตารางที่ 2.18 รีจิสเตอร์ SREG	24
ตารางที่ 2.19 รายละเอียดพอร์ตอนุกรม	25
ตารางที่ 2.20 ช่วงใช้งานออสซิลเลเตอร์แบบ XTและHS	31
ตารางที่ 2.21 ช่วงใช้งานของวงจรรีโซเนเตอร์แบบเซรามิก	32
ตารางที่ 2.22 การเลือกตัวเก็บประจุใช้ในออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล	32
ตารางที่ 4.1 นิยามค่าพารามิเตอร์ใน Zigbee	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในโครงงานนี้เป็นการประยุกต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไมโครคอนโทรเลอร์และอุปกรณ์สื่อสารไร้สายมาพัฒนาเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางและการโดยสารรถประจำทาง โดยอุปกรณ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นส่วนของการส่งข้อมูล ใช้หลักการของคลื่นความถี่ 2.4 GHz ในการส่งข้อมูลไปยังผู้รับโดยมีระยะการส่งข้อมูลประมาณ 100 เมตร และส่วนที่ 2 เป็นชุดในการรับข้อมูลซึ่งจะช่วยบอกรถประจำทางที่จะเข้าเทียบจอดนั้นเป็นรถประจำทางสายอะไร และแจ้งข้อมูลเป็นสัญญาณเสียง

โดยหลักการคือจะมีอุปกรณ์ส่งสัญญาณติดที่รถประจำทางแต่ละคันและมีอุปกรณ์รับสัญญาณติดอยู่ที่ป้ายรถประจำทางเพื่อรับข้อมูลแบบไร้สายเข้ามายังชุดรับข้อมูล เมื่อรถประจำทางถึงระยะที่ภาครับสามารถรับสัญญาณได้ อุปกรณ์ภาครับก็จะแจ้งเตือนออกมาเป็นสัญญาณเสียงเพื่อบอกข้อมูลให้แก่ผู้พิการทางสายตาได้ทราบรถประจำทางที่จะเข้าเทียบจอดในเวลานั้น ๆ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เมื่อเปรียบเทียบมาตรการของรัฐบาล ที่ดำเนินการเพื่อคนพิการในประเทศที่เจริญแล้ว เช่น ประเทศญี่ปุ่นกับประเทศไทยจะเห็นว่า มีความแตกต่างกันมาก คนพิการในประเทศญี่ปุ่นสามารถเข้าเรียนในสถานการณ์ศึกษาได้เหมือนคนปกติ จนสามารถประกอบอาชีพได้เป็นจำนวนมาก ถึงแม้แต่ละคนจะมีความพิการแตกต่างกันไป แต่รัฐก็ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ตามความจำเป็นของแต่ละคนได้อย่างทั่วถึง โดยให้มีการบริการทางด้านสาธารณูปโภค สำหรับใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันและติดต่อสื่อสาร ส่วนในประเทศไทยนั้น คนพิการส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการสนันสนุนส่งเสริม และอุดหนุนจากรัฐบาล ในฐานะที่เป็นบุคคลด้อยโอกาสในสังคมเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องมาจากคนพิการทางสายตาเหล่านี้ จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษที่มีราคาแพง ที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถจะซื้อเองได้ในการอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิต การศึกษา การประกอบอาชีพและการเดินทาง ซึ่งคนพิการทางสายตาจะมีปัญหามากเรื่องการเดินทางต่าง ๆ เช่นการเดินทางโดยการโดยสารรถประจำทาง เพราะไม่สามารถทราบสายของรถประจำทางที่จะเข้าเทียบจอดได้ จึงเป็นแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ในประเทศไทยซึ่งมีราคาถูกมาพัฒนาเพื่อเป็นการช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกให้คนพิการทางสายตาให้เดินทางได้สะดวกสบายมากขึ้น

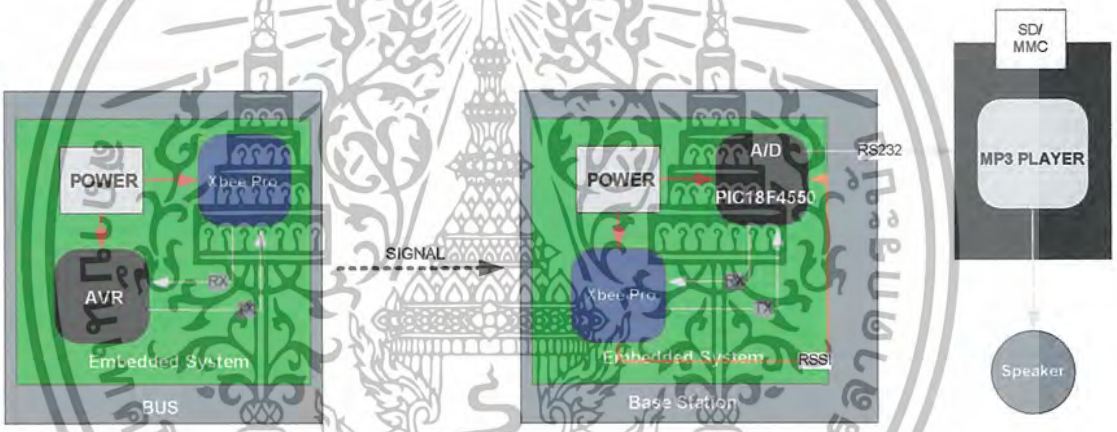
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ใช้เทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นำมาพัฒนาช่วยเหลือสังคม
2. แก้ปัญหาผู้บกพร่องทางสายตาเพื่อให้มีความสะดวกในการโดยสารรถประจำทางเพิ่มมากขึ้น
3. เพื่อเป็นตัวอย่างของการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อช่วยเหลือสังคม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถระบุสายรถประจำทางได้ถูกต้อง
2. สามารถแจ้งเตือนสายรถประจำทางและบอกสถานที่ต้นทางปลายทางของสายนั้น ตามระยะทางที่กำหนดด้วยเสียง



รูปที่ 1.1 ลักษณะโครงงานโดยรวม

จากรูปนี้เป็นลักษณะการทำงานของระบบโดยรวมโดยหลัก ๆ แล้วจะมีภาครับและภาคส่งในการติดต่อกันเพื่อที่จะส่งข้อมูล

ภาคส่ง จะประกอบด้วย

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR
2. ภาคส่ง X-Bee (Router)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาครับ จะประกอบด้วย

1. ภาครับ X-Bee (Coordinator)
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC
3. บอร์ดเล่นเสียงMP3

ในการส่งข้อมูลนั้นจะเริ่มที่ด้านส่งสัญญาณซึ่งในโครงงานจะจำลองภาคส่งสัญญาณเป็นรถบังคับวิทยุให้ทำการส่งหมายเลขทะเบียนรถประจำทาง โดยมีการหน่วงเวลาในการส่งหมายเลขทะเบียนรถประจำทางเมื่อครบเวลาที่กำหนดก็ให้ทำการส่งหมายเลขทะเบียนรถประจำทางพร้อมกับระดับความแรงของสัญญาณมายังภาครับสัญญาณ หลังจากนั้นภาครับจะทำหน้าที่ตรวจจับข้อมูลที่ที่ภาคส่ง ส่งมาว่าตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าใช่ ก็จะทำการตรวจวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ส่งมาว่าตรงกับที่ทำการตั้งไว้หรือไม่ ถ้าถูกต้องทั้งคู่จะนำข้อมูลส่งไปยังบอร์ดเล่นเสียง MP3 ให้เล่นไฟล์เสียงของรถประจำทางสายนั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ลำดับที่	วิธีการดำเนินโครงงาน	ปี 2551							ปี 2552	
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	รวบรวมข้อมูล	←	→							
2	วิเคราะห์และออกแบบ		←	→						
3	ภาคส่งสัญญาณ		←	→						
4	ภาครับสัญญาณ		←	→						
5	ทำการทดลองรับส่งสัญญาณของข้อมูล				←	→				
6	เขียนโปรแกรมภาษาซีเพื่อควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับส่งสัญญาณของข้อมูล			←	→					
7	เก็บข้อมูลภาครับให้เป็นสัญญาณเสียง				←	→				
8	ตรวจสอบและแก้ไข							←	→	
9	จัดทำเอกสาร		←	→						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เทคโนโลยี Zigbee และ การควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

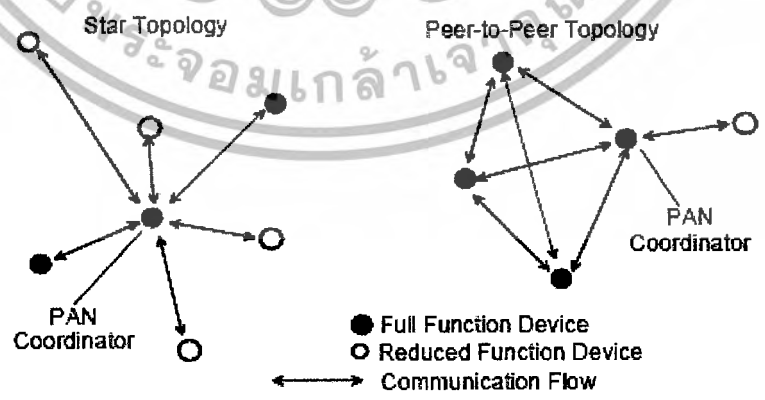
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงาน ซึ่งในเนื้อหาจะอธิบายมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีรูปแบบเครือข่ายอย่างไร มีโครงสร้างของโปรโตคอล Zigbee ชั้นอะไรบ้าง ทำหน้าที่อย่างไร มีคุณสมบัติโดยทั่วไปของ Zigbee ในรุ่นโมดูล Xbee Series 2 อย่างไร อธิบายคุณสมบัติที่สำคัญ การจัดขาพอร์ตต่างๆว่ามีหน้าที่อะไรของไมโครคอนโทรลเลอร์AVR ATmega128 กับ PIC 18F4550 และอธิบายโครงสร้างภาษา C ที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐาน IEEE 802.15.4

โปรโตคอล ZigBee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application layer, Application support layer และ Network layer เท่านั้น แต่ใช้ MAC layer และ Physical layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4

รูปแบบเครือข่ายตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบดาว และแบบตาข่ายร่างแห มีตัวอย่างการสร้างเครือข่ายดังรูปที่ 2.1 โดยในแต่ละเครือข่าย จะต้องมี FFD 1 ตัวทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของเครือข่าย เรียกว่า PAN coordinator และ RFD จะเข้าร่วมเครือข่ายกับ PAN coordinator ประจำเครือข่ายนั้นๆ



รูปที่ 2.1 รูปแบบเครือข่าย IEEE 802.15.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ได้แบ่งย่านความถี่วิทยุออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 2.4 GHz, 915 MHz, 868 MHz ในแต่ละช่วงความถี่จะมีจำนวนช่องสัญญาณที่กำหนดอยู่ช่วงหนึ่ง เช่น ช่วงความถี่ 2.4 GHz จะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง (ช่องสัญญาณที่ 11-26), ช่วงความถี่ 915 MHz จะมีช่องสัญญาณ 10 ช่อง (ช่องสัญญาณที่ 1-10) และที่ 868 MHz จะมีช่องสัญญาณ 1 ช่อง (ช่องสัญญาณที่ 0)

อัตราการส่งข้อมูลของโปรโตคอลนี้ขึ้นอยู่กับช่วงความถี่ที่ใช้งาน ช่วงความถี่ 2.4 GHz จะให้อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps, 915 MHz จะให้อัตราการส่งข้อมูล 40 kbps, 868 MHz จะให้อัตราการส่งข้อมูล 20 kbps อัตราการส่งข้อมูลที่แท้จริงจะน้อยกว่าที่กำหนดไว้เนื่องจากมีการเพิ่มเฮดเดอร์และความล่าช้าที่เกิดในกระบวนการทำงาน

2.2 โครงสร้างของโปรโตคอล ZigBee

2.2.1 Application layer

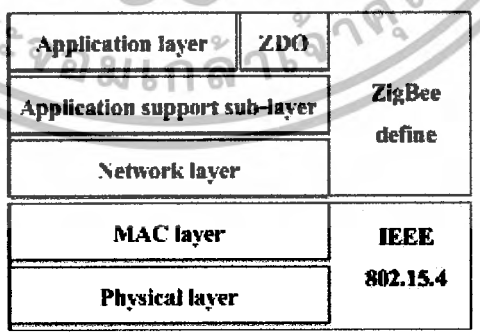
เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่เรียกว่า Application framework โดยมี ZigBee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application layer

2.2.2 Application support sub-layer

ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application layer และทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลรวมถึงการจัดการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application layer

2.2.3 Network layer

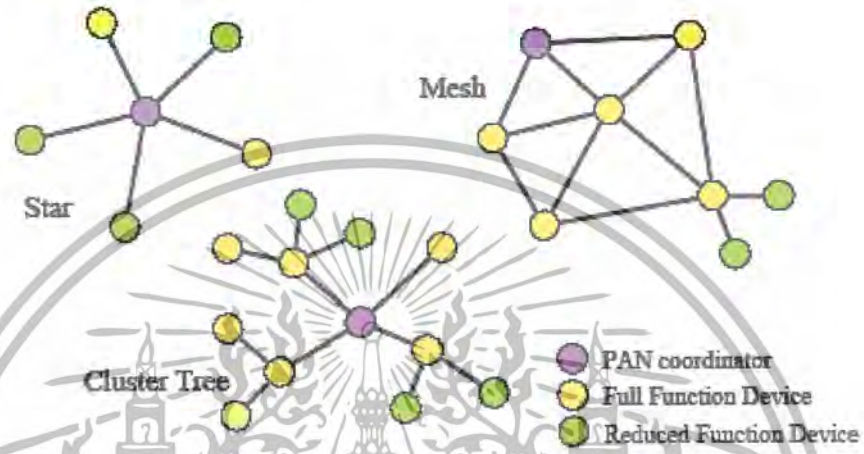
ทำหน้าที่ใช้ในการ routing ข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างเครือข่ายกัน



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโปรโตคอล ZigBee

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับชั้น Network layer และ ชั้น Application support sub-layer จะอยู่บนพื้นฐานของระบบ IEEE 802.15.4 โดยในชั้น Network layer นี้สามารถรองรับได้ 3 topologies คือแบบ star, mesh และ Cluster-tree แสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โทโปโลยีของเครือข่าย ZigBee

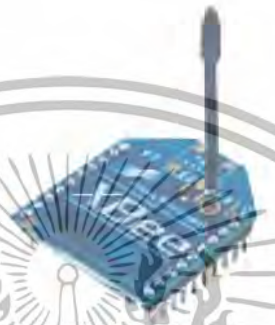
ในการเชื่อมต่อแบบ Star นั้น จะใช้งานกับอุปกรณ์พื้นฐาน เช่นเซนเซอร์ ที่มีช่วงการทำงานได้นาน ส่วนการเชื่อมต่อแบบ Mesh หรือ peer-to-peer นั้น เป็นการส่งผ่านข้อมูลภายในโครงข่ายของอุปกรณ์จะส่งออกไปในหลายเส้นทาง และมีระดับของความเชื่อถือและแบ่งแยกได้สูง ส่วนแบบ Cluster-tree จะเป็นเป็นการรวมกันของแบบ Star กับ Mesh เพื่อที่จะได้ประโยชน์จากทั้งสองแบบคือมีระดับของความเชื่อถือได้และรองรับโหนดที่สามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ได้ยาวนาน

ทั้งนี้โหนดของ ZigBee แบบ Physical Device มีสองประเภทคือ Reduced Function Device (RFD) และ Full Function Device (FFD) โดยอุปกรณ์แบบ RFD จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ส่วนอุปกรณ์แบบ FFD จะใช้พลังงานจาก power line นอกจากนี้อุปกรณ์ทั้งสองแบบมีราคาถูกทำให้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในเชิงพาณิชย์ ทั้งนี้เครือข่ายของ IEEE 802.15.4 จะต้องมีอุปกรณ์แบบ FFD อย่างน้อยหนึ่งตัวเพื่อติดต่อกับ Network Coordinator ส่วนโหนดของ ZigBee แบบ Logical Device มีสามประเภทคือ ZigBee Coordinators, ZigBee Routers และ ZigBee End Devices โดย ZigBee Coordinators ทำหน้าที่ Initializes เครือข่าย จัดการโหนดในเครือข่าย และเก็บข่าวสารของโหนดในเครือข่าย ส่วน ZigBee Router ทำหน้าที่จัดการเส้นทางของข้อความที่ส่งผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเครือข่ายระหว่างคู่ของโหนดใด ๆ และโหนดประเภท ZigBee End Devices เป็นโหนดที่อยู่ในส่วนของผู้ใช้งาน โดยสามารถเป็นได้ทั้งแบบ RFD และ FFD

2.3 โมดูล XBee Series 2



รูปที่ 2.4 โมดูล XBee Series 2

2.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

2.3.1.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

- ความถี่ในการทำงาน : 2.4 GHz
- สายอากาศ : มีสายอากาศแบบ Whip
- ระยะทำการในร่ม: ประมาณ 30 เมตร
- ระยะทำการกลางแจ้ง (แบบ line-of-sight): สูงสุดถึง ประมาณ 120 เมตร
- กำลังส่ง: 60 mW (18 dBm)
- ความไวในการรับสัญญาณ: -100 dBm (1% packet error rate)
- การทำงานของขาพอร์ต: สามารถกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์ X-CTU เพื่อให้ทำงานเป็น
  1. อินพุตอะนาล็อกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล ความละเอียด 10 บิต
  2. อินพุตเอาต์พุตดิจิตอล
- ขนาด: 1.297 นิ้ว หรือ 3.294 เซนติเมตร
- ไฟเลี้ยง: 2.8 ถึง 3.4V
- กระแสไฟฟ้า: เมื่อส่งข้อมูล 215 mA, รับข้อมูล 55 mA, น้อยกว่า 10 mA ในโหมดลดพลังงานที่ไฟเลี้ยง +3.3V

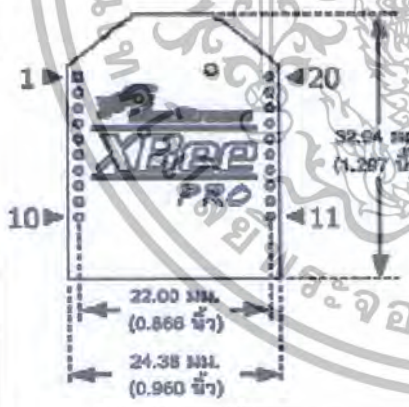
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุณหภูมิใช้งาน: -40 °C ถึง 85 °C

2.3.1.2 คุณสมบัติด้านการสื่อสารข้อมูล

- สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์และสเลฟได้
- อัตราถ่ายทอดข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ: 250,000 บิตต่อวินาที
- อัตราการถ่ายทอดข้อมูลอนุกรม (บอดเรต) : 1,200 ถึง 115,200 บิตต่อวินาที
- รูปแบบโครงข่ายข้อมูลที่รองรับ: จุดต่อจุด (Point-to-point), จุดต่อหลายจุด (Point-to-multipoint) และเข้ากันได้กับอุปกรณ์ ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4
- ทางเลือกแอดเดรส: PAN ID, ช่อง (Channel) และแอดเดรส (Addresses) สำหรับแอดเดรสสามารถกำหนดรหัสแอดเดรสได้ มากถึง 65,000 รหัส
- เทคโนโลยีในการกระจายคลื่น: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
- รองรับการทำงานทั้งแบบ API และ AT command สามารถกำหนดผ่านทางซอฟต์แวร์ X-CTU

2.4 การจัดขา



ขาที่	การทำงาน
1	Vcc : ขาต่อไฟเลี้ยง +3.3V
2	DOUT : ขาเอาต์พุตส่งข้อมูลอนุกรม
3	DIN : ขาอินพุตรับข้อมูลอนุกรม
4	DO8 : ขาเอาต์พุตดิจิตอลช่อง 8
5	RESET : ขารีเซตหลัก (แอกตีฟ "0")
6	PWM0/RSSI : ขาเอาต์พุต PWM ช่อง 0 และขาเอาต์พุตแสดงความแรงของการรับสัญญาณ

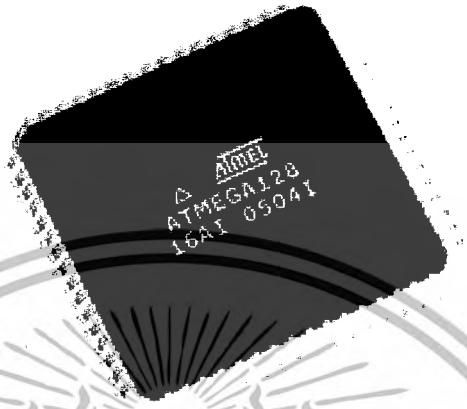
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	7	PWM1 : ขาเอาต์พุต PWM ช่อง 1
	8	ไม่ ใช้งาน
	9	DTR/SLEEP_RQ/DI8 : ขาอินพุตรับสัญญาณให้หยุดทำงานเข้ าสู่โหมดสลีปหรือเป็นขาอินพุตดิจิตอลช่อง 8
	10	GND : ขาต่อกราวด์
	11	AD4/DIO4 : ขาอินพุตอะนาล็อก 4 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 4
	12	CTS/DIO7 : อินพุตรับสัญญาณแจ้งการส่งข้อมูลจากโฮสต์ (Clear-To-Send)ใช้ในการควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล หรือเป็น ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 7
	13	ON/SLEEP : ขาแสดงสถานะการทำงาน "1" : อยู่ในโหมดทำงานปกติ "0" : อยู่ในโหมดสลีป
	14	VRE. : ขาต่อแรงดันอ้างอิงสำหรับโมดูลแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลภายใน Xbee Series 2
	15	Associated/AD5/DIO5 : ขาแสดงสถานะการเชื่อมต่อหรือขาอินพุตอะนาล็อก 5 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 5
	16	RTS/AD6/DIO6 : ขาเอาต์พุตแจ้งความพร้อมในการส่งข้อมูล(Ready-To-Send) ใช้ควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลหรือเป็นขาอินพุตอะนาล็อก 6 หรือเป็นขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 6
	17	AD3/DIO3 : ขาอินพุตอะนาล็อก 3 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 3
	18	AD2/DIO2 : ขาอินพุตอะนาล็อก 2 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 2
	19	AD1/DIO1 : ขาอินพุตอะนาล็อก 1 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 1
	20	AD0/DIO0 : ขาอินพุตอะนาล็อก 0 หรือ ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิตอล 0

รูปที่ 2.5 การจัดขาของโมดูล XBee Series 2 และฟังก์ชั่นในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128

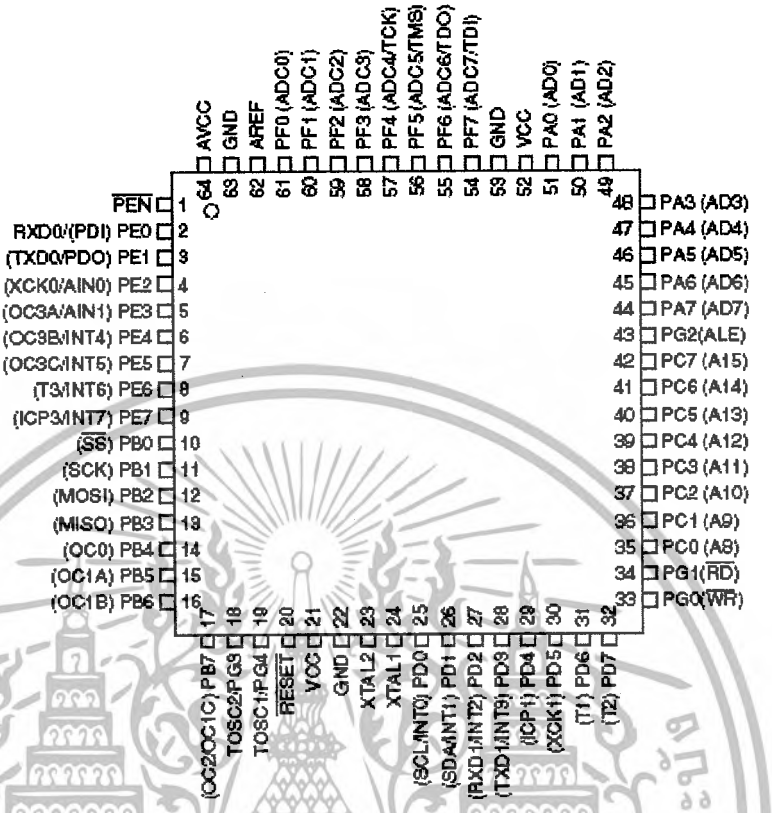


รูปที่ 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ATmega128

2.5.1 อินพุต/เอาต์พุต AVR ATmega128

ATmega128 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ตระกูล AVR สถาปัตยกรรมแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) ในตัวถังแบบ Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP) และ Micro Lead Frame Package (MLF) การจัดตำแหน่งขาพอร์ตแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 รายละเอียดขา ATmega128

2.5.2 คุณสมบัติที่สำคัญของ AVR ATmega128

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต กำลังไฟต่ำ ประสิทธิภาพสูง
- สถาปัตยกรรมแบบ Advanced RISC (Reduced Instruction Set Computer)
  - * 133 คำสั่ง มีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่ง ต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา
  - * รีจิสเตอร์ใช้งาน 32 ตัว ขนาด 8 บิต และรีจิสเตอร์ควบคุม
  - * ความเร็วในการทำงานสูงถึง 16 MIPS ที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 16 MHz
- หน่วยความจำโปรแกรมแบบ Nonvolatile และหน่วยความจำข้อมูล
  - * หน่วยความจำแบบ Flash ขนาด 128 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง
  - * หน่วยความจำข้อมูล EEPROM ขนาด 4 กิโลไบต์ เขียน/ลบได้ 10,000 ครั้ง
  - * หน่วยความจำข้อมูล SRAM ขนาด 4 กิโลไบต์
- สามารถขยายหน่วยความจำได้มากถึง 64 กิโลไบต์
- มีวงจรดีบักอินเตอร์เฟสแบบ JTAG
- โมดูลใช้งานประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* โมดูลไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัว พร้อมปรีสเกลเลอร์และโหมดเปรียบเทียบ
* กำหนดให้ทำงานแบบ 16 บิต ได้ด้วยการใช้ไทม์เมอร์ 2 ตัว ทำงานร่วมกัน พร้อมปรีสเกลเลอร์ โหมดเปรียบเทียบ และโหมดตรวจจับสัญญาณอินพุต
* ตัวนับแบบ Real-Time กับ ออสซิลเลเตอร์แยกเฉพาะ
* โมดูลสร้างสัญญาณ PWM 8 ช่อง
* PWM 6 ช่อง กำหนดความละเอียดได้ตั้งแต่ 2 ถึง 16 บิต
* โมดูลเชื่อมต่อแบบอนุกรม TWI (Two-wire Serial), SPI และ USART
* โมดูล Watchdog Timer
* โมดูลแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต
* โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อก

- คุณสมบัติพื้นฐานสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์
  * เพาเวอร์ออนรีเซตและเบราว์เอาต์ดีเทคแบบโปรแกรมได้
  * RC ออสซิเลเตอร์ภายใน เพื่อสร้างสัญญาณความถี่
  * แหล่งอินเตอร์รัปต์ทั้งภายในและภายนอก
  * 6 โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) ประกอบด้วย Idle, ADC Noise Reduction, Power save, Power down, standby และ Extended Standby
  * กำหนดโหมดสัญญาณความถี่นาฬิกาด้วยซอฟแวร์
- 53 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต ประกอบด้วยพอร์ต A, B, C, D, E, F, G

2.5.3 รายละเอียดขาพอร์ต ATmega128

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128 มีจำนวนขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลทั้งสิ้น 53 ขาพอร์ตประกอบไปด้วยพอร์ต A ถึง F พอร์ตละ 8 บิต และพอร์ต G จำนวน 5 บิต โดยในแต่ละขาพอร์ตสามารถทำหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งหน้าที่ โดยหน้าที่พิเศษเพิ่มเติมจะอ้างอิงกับคุณสมบัติของโมดูลต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต A (PA0-PA7)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชั่นพิเศษ
PA7	AD7 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่7)
PA6	AD6 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่6)
PA5	AD5 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่5)
PA4	AD4 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่4)
PA3	AD3 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่3)
PA2	AD2 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่2)
PA1	AD1 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่1)
PA0	AD0 (ขาเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก แอดเดรสและดาต้า บิตที่0)

ขาพอร์ต A นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลขนาด 8 บิตแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่ สำคัญดังนี้

- ใช้เป็นขาพอร์ตเพื่อต่อขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติม โดยเป็นทั้งขาแอดเดรสและดาต้า ขนาด 8 บิต รูปแบบการต่อใช้งานหน่วยความจำเพิ่มเติม แสดงดังตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นการต่อขยายหน่วยความจำประเภท SRAM เพิ่มเติม โดยการต่อขยายหน่วยความจำ จะใช้ขาพอร์ต A เป็นทั้งขาแอดเดรสและดาต้า 8 บิตล่าง (บิตที่ 0 ถึงบิตที่ 7) และใช้ขาพอร์ต C เป็นขาแอดเดรส 8 บิตบน (บิตที่ 8 ถึงบิตที่ 15)

ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต B (PB0-PB7)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PB7	OC2/OC1C (โมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 หรือโมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM ช่อง C สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1)
PB6	OC1B (โมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM ช่อง B สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์1)
PB5	OC1A (โมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM ช่อง A สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์1)
PB4	OC0 (โมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0)
PB3	MISO (ขาสัญญาณ อินพุตมาสเตอร์/เอาต์พุตสเลฟ สำหรับบัส SPI)
PB2	MOSI (ขาสัญญาณ อินพุตมาสเตอร์/เอาต์พุตสเลฟ สำหรับบัส SPI)
PB1	SCK (ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับบัส SPI)
PB0	SS (ขาสัญญาณอินพุตเลือกสเลฟ สำหรับบัส SPI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต B นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอล ขนาด 8 บิตแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- ใช้เป็นขาพอร์ตสำหรับสร้างสัญญาณพัลส์ PWM (Pulse Width Modulator) 3 ช่องทางคือ A, B และ C ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์และใช้เป็นขาพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบอนุกรม (Serial Peripheral Interface) หรือที่นิยมเรียกว่า บัส SPI

ตารางที่ 2.3 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต C (PC0-PC7)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PC7	A15 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 15)
PC6	A14 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 14)
PC5	A13 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 13)
PC4	A12 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 12)
PC3	A11 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 11)
PC2	A10 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 10)
PC1	A9 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 9)
PC0	A8 (ขาสัญญาณแอดเดรส บิตที่ 8)

ขาพอร์ต C นอกจากจะเป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- ใช้งานเป็นขาพอร์ตสำหรับเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก โดยเป็นขาแอดเดรส 8 บิตบน (บิตที่ 8 ถึงบิตที่ 15) ทำงานร่วมกับขาพอร์ต A ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต D (PD0-PD7)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PD7	T2 (อินพุตสัญญาณ สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2)
PD6	T1(อินพุตสัญญาณ สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1)
PD5	XCK1(ขาอินพุต/เอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาภายนอกสำหรับโมดูล USART1)
PD4	ICP1 (ขาอินพุตตรวจจับสัญญาณของ ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์1)
PD3	INT3/TXD1 (ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 3 หรือขาส่งข้อมูลโมดูล UART1)
PD2	INT2/RXD1(ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 2 หรือขารับข้อมูลโมดูล UART1)
PD1	INT1/SDA(ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 1 หรือขาข้อมูลอนุกรม สำหรับโมดูลTWI)
PD0	INT0/SCL(ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 0 หรือขาสัญญาณนาฬิกา สำหรับโมดูล TWI)

ขาพอร์ต D นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลขนาด 8 บิตแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- ขาพอร์ตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 0 ถึง 3
- ขาพอร์ตสำหรับอินพุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 และ 2 หรือที่เรียกว่าการทำงานในโหมดเคาน์เตอร์
- ขาตรวจจับสัญญาณอินพุต (Input Capture) ของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 เมื่อตรวจจับสัญญาณได้จะได้เวลาในการจับสัญญาณมา สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจับสัญญาณความถี่ หรือหาความกว้างของสัญญาณ PWM ได้ เป็นต้น
- ขาพอร์ตสำหรับโมดูลอนุกรม USART1 ช่องที่ 1 เพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก แบบ RS-232 ช่องที่ 1
- ขาพอร์ตสำหรับการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น (Two-wire Serial Interface (TWI)) หรือที่รู้จักกันในชื่อ I²Cบัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต E (PE0-PE7)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PE7	INT7/ICP3 (ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 7 หรือขาอินพุตตรวจจับสัญญาณของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3)
PE6	INT6/T3 (ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 6 หรืออินพุตรับสัญญาณสำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3)
PE5	INT5/OC3C (ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 5 หรือโมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM ช่อง C สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3)
PE4	INT4/OC3B (ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 4 หรือโมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM ช่อง B สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3)
PE3	AIN1/OC3A (อินพุตเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อกด้านลบ หรือโมดูลเปรียบเทียบและสร้างสัญญาณเอาต์พุต PWM ช่อง A สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3)
PE2	AIN0/XCK0 (อินพุตเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อกด้านบวก หรืออินพุต/เอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับโมดูล USART0)
PE1	PD0/TXD0 (ขาโปรแกรมข้อมูลเอาต์พุต หรือขาส่งข้อมูลโมดูล UART0)
PE0	PDI/RXD0 (ขาโปรแกรมข้อมูลเอาต์พุต หรือขารับข้อมูลโมดูล UART0)

ขาพอร์ต E นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลขนาด 8 บิตแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- ขาพอร์ตอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 4 ถึง 7
- ขาตรวจจับสัญญาณอินพุต (Input Capture) ของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3
- ขาพอร์ตสร้างสัญญาณ PWM สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 3
- ขาพอร์ตอินพุตด้านบวกและลบสำหรับโมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อก
- ขาพอร์ตสำหรับโมดูลอนุกรม USART0 ช่องที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.6 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต F (PF0-PF7)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PF7	ADC7/TDI (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 7 หรือขาทดสอบ JTAG สำหรับอินพุตข้อมูล)
PF6	ADC6/TDO (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 6 หรือขาทดสอบ JTAG สำหรับเอาต์พุตข้อมูล)
PF5	ADC5/TDI (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 5 หรือขาทดสอบ JTAG สำหรับเลือกโหมด)
PF4	ADC4/TCK (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 4 หรือขาทดสอบ JTAG สำหรับสัญญาณนาฬิกา)
PF3	ADC3 (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 3)
PF2	ADC2 (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 2)
PF1	ADC1 (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 1)
PF0	ADC0 (ขาอินพุตสัญญาณอะนาล็อก ช่องที่ 0)

ขาพอร์ต F นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลขนาด 8 บิตแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- ขาพอร์ตสำหรับวงจร JTAG สำหรับการดีบักโปรแกรม
- ขาพอร์ตสำหรับโมดูลแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิต 8 ช่อง

ตารางที่ 2.7 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต G (PG0-PG4)

ขาพอร์ต	ขาพอร์ตฟังก์ชันพิเศษ
PG4	TOSC1 (ขา RTC ออสซิเลเตอร์ 1 สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0)
PG3	TOSC2 (ขา RTC ออสซิเลเตอร์ 2 สำหรับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0)
PG2	ALE (ขาแลตช์แอดเดรสสำหรับ enable หน่วยความจำภายนอก)
PG1	RD (ขาสโตป สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก)
PG0	WD (ขาสโตป สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก)

ขาพอร์ต G นอกจากจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลขนาด 5 บิตแล้ว ยังมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

- ขาพอร์ตออสซิเลเตอร์สำหรับโมดูลสัญญาณนาฬิกาเวลาจริง Real-Time Clock (RTC)
- ขาพอร์ตสำหรับอ่าน-เขียนหน่วยความจำภายนอก ทำงานร่วมกับขาพอร์ต A และ พอร์ต C

103076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตดิจิตอลของ ATmega128 มีคุณสมบัติแบบเดียวกับ ATmega16 โดยกำหนดคุณสมบัติของขาพอร์ตผ่านทางรีจิสเตอร์ DDRx และ พอร์ต x รวมถึงบิต PUD ในรีจิสเตอร์ SFIOR แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การกำหนดรูปแบบของขาพอร์ต

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-Up	Status
0	0	x	Input	No	Tri-state(Hi-z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-z)
1	0	x	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	x	Output	No	Output High (Source)

หมายเหตุ (1) DDxn และ PORTxn เป็นชื่อบิตของรีจิสเตอร์ DDRx และ PORTx โดย x แทนด้วย A, B, C, D, ...และ n แทนด้วยตัวเลข 0 ถึง 7

(2) หากใช้งานพอร์ตเป็นเอาต์พุต จะต้องไม่ลืมเซตค่าลอจิก "1" ให้กับรีจิสเตอร์ DDxn เพื่อให้ขาพอร์ตสามารถขับกระแสได้เต็มที่

2.5.4 อินเตอร์รัปต์ AVR ATmega 128

AVR ATmega 128 มีแหล่งอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์รวม 35 แหล่ง ประกอบไปด้วยแหล่งอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์เนื่องจากสัญญาณภายนอก แหล่งอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์เนื่องจากสัญญาณภายในของแต่ละโมดูล และรีเซตอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ โดยอินเตอร์รัปต์สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งกระบวนการทางฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 รีเซตและอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์

หมายเลขเวกเตอร์	แอดเดรสอินเตอร์รัปต์(2)	ที่มาของอินเตอร์รัปต์	รายละเอียดของการอินเตอร์รัปต์
1	$0000(1)	RESET	ขารีเซต, เพาเวอร์ออนรีเซต, เบาว์เอาต์รีเซต, วอตช์ด็อกรีเซต และ JTAG AVR รีเซต
2	$0002	ITN0	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่0
3	$0004	ITN1	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่1
4	$0006	ITN2	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่2
5	$0008	ITN3	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	$000A	ITN4	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่4
7	$000C	ITN5	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่5
8	$000E	ITN6	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่6
9	$0010	ITN7	อินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่7
10	$0012	TIMER2 COMP	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์2 เปรียบเทียบตรงกัน
11	$0014	TIMER2 OVF	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์2 โอเวอร์โฟลว์
12	$0016	TIMER1 CAPT	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์1 เกิดการจับสัญญาณ
13	$0018	TIMER1 COMPA	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1 เปรียบเทียบตรงกัน ช่องA
14	$001A	TIMER1 COMPB	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ เปรียบเทียบตรงกัน ช่องB
15	$001C	TIMER1 OVF	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์1 เกิดโอเวอร์โฟลว์
16	$001E	TIMER0 COMP	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 เปรียบเทียบตรงกัน
17	$0020	TIMER0 OVF	ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 เกิด โอเวอร์โฟลว์
18	$0022	SPI, STC	การส่งข้อมูลผ่าน SPI เสร็จสมบูรณ์
19	$0024	USART0, RX	การรับข้อมูลผ่าน USART0, RX เสร็จสมบูรณ์
20	$0026	USART0 UDRE	รีจิสเตอร์ข้อมูล USART0 ว่าง
21	$0028	USART0, TX	การส่งข้อมูล USART0, TX เสร็จสมบูรณ์
22	$002A	ADC	โมดูล ADC แปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล เสร็จสมบูรณ์
23	$002C	EE READY	หน่วยความจำข้อมูลEEPROM พร้อมทำงาน
24	$002C	ANALOG COMP	เกิดการเปรียบเทียบแรงดันอะนาล็อก
25	$0030	TIMER1 COMPC	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์1 เปรียบเทียบตรงกัน ช่อง C
26	$0032	TIMER3 CAPT	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์3 เกิดการจับสัญญาณ
27	$0034	TIMER3 COMPA	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์3 เปรียบเทียบตรงกัน ช่องA
28	$0036	TIMER3 COMPB	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์3 เปรียบเทียบตรงกัน ช่องB
29	$0038	TIMER3	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์3 เปรียบเทียบตรงกัน ช่องC

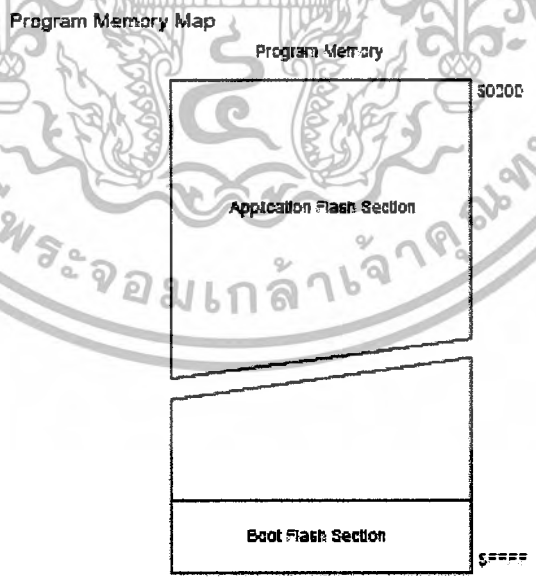
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		COMPC	
30	$003A	TIMER3 OVF	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ เกิดโอเวอร์โฟลว์
31	$003C	USART1, RX	การรับข้อมูล USART1, RX เสร็จสมบูรณ์
32	$00E	USART1, UDRE	รีจิสเตอร์ข้อมูล USART1 ว่าง
33	$0040	USART1, TX	การส่งข้อมูล USART1, TX เสร็จสมบูรณ์
34	$0042	TWI	การส่งข้อมูลผ่าน TWI เสร็จสมบูรณ์
35	$0044	SPM READY	หน่วยความจำโปรแกรมถูกจัดเก็บแล้ว

หมายเหตุ (1) หากมีการฟิวส์บิต BOOTRST จะกระโดดไปที่ตำแหน่งรีเซตของบูตโหลดเดอร์

(2) เมื่อบิต IVSEL ในรีจิสเตอร์ MCUCR ถูกเซต อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์จะย้ายไปเริ่มต้นที่ส่วนของบูตแฟลช (Boot Flash) ตำแหน่งแอดเดรสตามตารางที่ 2.10 บวกกับส่วนของบูตแฟลช

รูปแสดงหน่วยความจำโปรแกรมที่แบ่งออกเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำแอพพลิเคชั่นและบูตแฟลช ตารางแสดงรายละเอียดของการฟิวส์บิตที่เกี่ยวข้องกับบูตโหลดเดอร์ (Boot Loader) และตำแหน่งแอดเดรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ และตารางแสดงตำแหน่งแอดเดรสบูตรีเซต



รูปที่ 2.8 หน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 ตำแหน่งรีเซตและอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์

BOOTRST	IVSEL	รีเซตแอดเดรส	แอดเดรสเริ่มต้นอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์
1	0	$0000	$0002
1	1	$0000	$0002
0	0	แอดเดรสบูตรีเซต	แอดเดรสบูตรีเซต + $0002
0	1	แอดเดรสบูตรีเซต	แอดเดรสบูตรีเซ + $0002

ตารางที่ 2.11 การกำหนดขนาดของบูตรีเซต

BOOTSZ1	BOOTSZ0	Boot Size	Pages	Application Flash Section	Boot Loader Flash Section	End Application Section	Boot Reset Address (start Boot Loader Section)
1	1	512 words	4	$0000-$FFFF	$FE00-$FFFF	$FDFF	$FE00
1	0	1024 words	8	$FBFF	$FC00-$FFFF	$FBFF	$FC00
0	1	2048 words	16	$0000-$F7FF	$F800-$FFFF	$F7FF	$F800
0	0	4096 words	32	$0000-$EFFF	$F000-$FFFF	$EFFF	$F000

2.5.4.1 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์

2.5.4.1.1 รีจิสเตอร์ MCUCR (MCU Control Register)

ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนตำแหน่งอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ โดยจะทำงานควบคู่กับการฟิวต์บิต

- บิตที่1:บิต IVSEL (Interrupt Vector Select)
  ถ้าถูกเคลียร์(เป็น 0) อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์จะเริ่มต้นที่ส่วนของแอพพลิเคชั่นแฟลชและหากบิต IVSEL ถูกเซต (เป็น 1) อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์จะย้ายไปที่ตำแหน่งบูตโหลดเดอร์ของแฟลช(บูตแฟลช)
- บิตที่ 0: บิต IVCE (Interrupt Vector Change Enable)
  บิต IVCE ต้องถูกเซตเป็น 1 ถ้าต้องการเอ็นเอเบิลบิต IVSEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างโค้ดโปรแกรมการย้ายบูตแฟลช

2.5.4.1.2 รีจิสเตอร์ EICRA (External Interrupt Control Register A)

รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่ 0 ช่องที่ 3

ตารางที่ 2.12 รีจิสเตอร์ EICRA

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
ชื่อบิต	ISC31	ISC30	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
ค่าเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0

- บิตที่ 7:0: บิต ISC31, ISC30-ISC01,ISC00 (External Interrupt 3-0 Sense Control Bits)บิต กำหนดรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกสำหรับช่องที่ 0-3 การกำหนดรูปแบบการเกิดของสัญญาณการเกิดอินเตอร์รัปต์ของช่องที่ 0 และ 1 แสดงดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 การกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก

ISCn1	ISCn0	รูปแบบสัญญาณการเกิดอินเตอร์รัปต์
0	0	ขณะที่ระดับสัญญาณได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นระดับลอจิกต่ำแล้ว
0	1	สงวนไว้ (ยังไม่ได้กำหนดใช้งาน)
1	0	ที่ขอบขาลงของสัญญาณ
1	1	ที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณ

2.5.4.1.3 รีจิสเตอร์ EICRB (External Interrupt Control Register B)

รีจิสเตอร์ กำหนดรูปแบบของอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอก ช่องที่ 4 ถึง 7

ตารางที่ 2.14 รีจิสเตอร์ EICRB

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
ชื่อบิต	ISC71	ISC70	ISC61	ISC60	ISC51	ISC50	ISC41	ISC40
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
ค่าเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บิตที่ 7:0: บิตที่ ISC71, ISC70- ISC41, ISC40 (External Interrupt 7-4 Sense Control Bits)บิตกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกสำหรับช่องที่ 4-7 การกำหนดรูปแบบของสัญญาณการเกิดอินเตอร์รัปต์ของช่องที่ 4 และช่องที่ 7 ตามตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 การกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก

ISCn1	ISCn0	รูปแบบสัญญาณการเกิดอินเตอร์รัปต์
0	0	ขณะที่ระดับสัญญาณได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นระดับลอจิกต่ำแล้ว
0	1	ทุกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ
1	0	ที่ขอบขาลงของสัญญาณ
1	1	ที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณ

2.5.4.1.4 รีจิสเตอร์ EIMSK (External Interrupt Mask Register)

รีจิสเตอร์เปิดการใช้งานอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 0 ถึง 7

ตารางที่ 2.16 รีจิสเตอร์ EIMSK

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
ชื่อบิต	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
ค่าเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0

- บิตที่ 7:0: บิต INT7- INT0 (External Interrupt Request 7-0 Enable)บิต INTx ถูกเซต (เป็น 1) เปิดใช้งานอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ x บิต INTx ถูกเคลียร์ (เป็น 0) ปิดใช้งานอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ x

2.5.4.1.5 รีจิสเตอร์ EIFR (External Interrupt Flag Register)

รีจิสเตอร์แฟลกแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ 0 ถึง 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.17 รีจิสเตอร์ EIFR

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
ชื่อบิต	INTF7	INTF6	INTF5	INTF4	INTF3	INTF2	INTF1	INTF0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
ค่าเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0

- บิตที่ 7:0: บิต INTF7- INTF0 (External Interrupt Flags 7-0) บิต INTFx ถูกเซต (เป็น 1) เกิดอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ x และถูกเคลียร์โดยอัตโนมัติเมื่อฟังก์ชันอินเตอร์รัปต์เนื่องจากสัญญาณภายนอกช่องที่ x ถูกเรียกใช้งาน

2.5.4.1.6 รีจิสเตอร์ SREG (AVR Status Register)

รีจีสเตอร์แสดงสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งในส่วนของการประมวลผลคำสั่งทางด้านคณิตศาสตร์และลอจิก เช่น บิตแสดงการทด (Carry Flag) บิตแสดงผลลัพธ์เป็นศูนย์ (Zero Flag) เป็นต้น ในรีจิสเตอร์แสดงสถานะนี้ จะมีบิตที่ใช้ในการ enable/disable การใช้งานอินเตอร์รัปต์โดยรวม

ตารางที่ 2.18 รีจิสเตอร์ SREG

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
ชื่อบิต	I	T	H	S	V	N	Z	C
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
ค่าเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0

- บิตที่ 7: บิตที่ I (Global Interrupt Enable)
  เป็นบิต enable/disable การใช้งานอินเตอร์รัปต์โดยรวม บิตนี้จะต้องถูก enable ก่อนจึงจะเปิดใช้งานอินเตอร์รัปต์ย่อยอื่น ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 พอร์ตอนุกรมใน ATmega 128

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega 128 มีพอร์ตอนุกรมให้ใช้งานได้ถึง 2 พอร์ต โดยแบ่งเป็น USART0 และ USART1 โดยรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 128 มีรายละเอียดตามตาราง ดังนี้

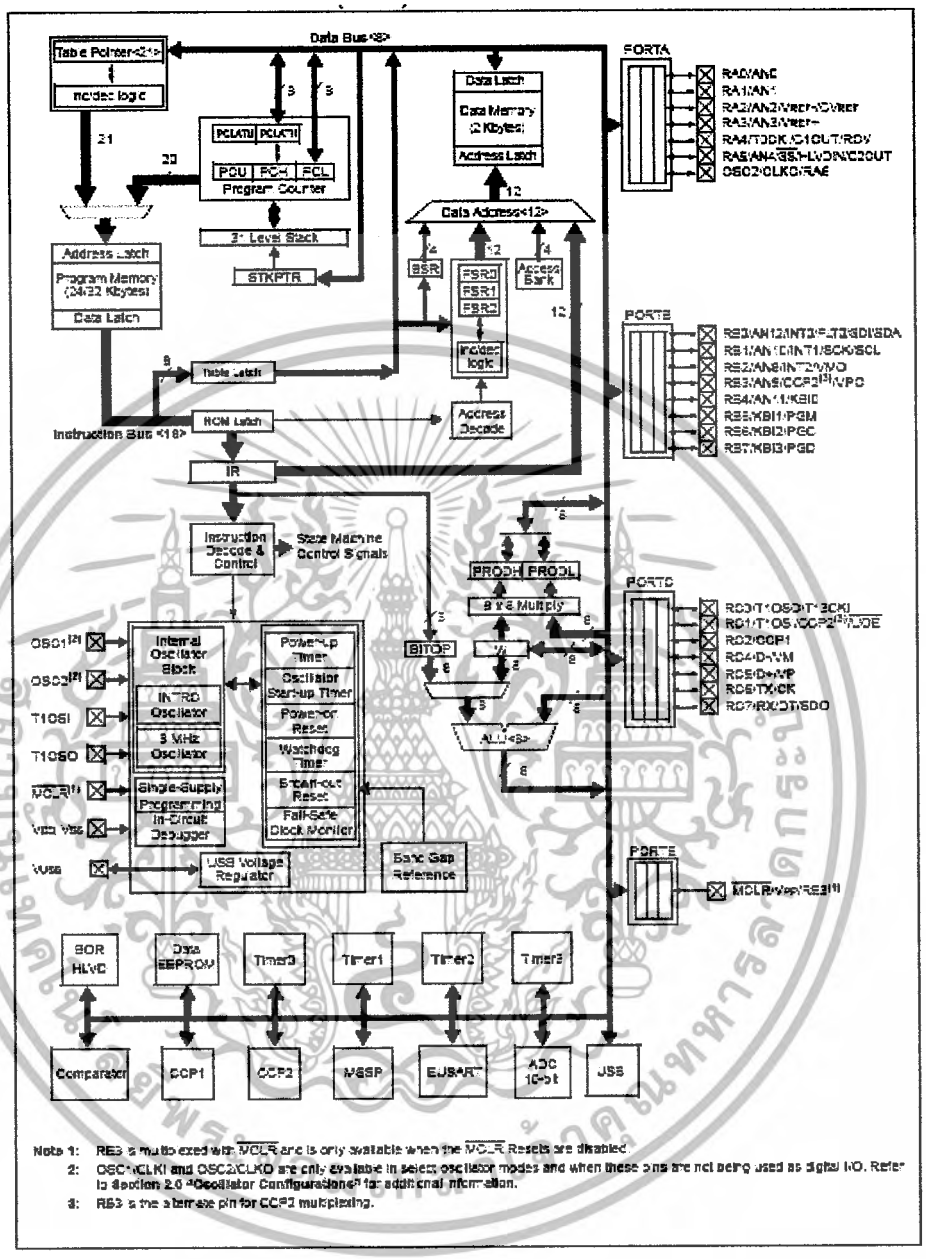
ตารางที่ 2.19 รายละเอียดพอร์ตอนุกรม

รีจิสเตอร์	ATmega 128	
	USART0	USART1
USART I/O Data Register	UDR0	UDR1
USART Control and Status Register A	UCSR0A	UCSR1A
USART Control and Status Register B	UCSR0B	UCSR1B
USART Control and Status Register C	UCSR0C	UCSR1C
USART Baud Rate Register	UBRR0L, UBRR0H	UBRR1L, UBRR1H

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550

ในการทำโครงงานต่อไปนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ของบริษัท Microchip โดยได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4553 มาพัฒนาเป็นบอร์ดใช้งานรับข้อมูล ซึ่งคุณสมบัติเด่นของ PIC18F4550 ก็คือ โมดูลการสื่อสารแบบ USB (Universal Serial Bus) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีของการสื่อสารที่แพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในเรื่องของความเร็วในการสื่อสารข้อมูล และความสะดวกในการเชื่อมต่อใช้งาน ซึ่งปฏิเสธไม่ได้เลยว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ ณ ปัจจุบัน แทบ จะไม่มีพอร์ตสื่อสารแบบ RS-232 หรือ LPT Port ให้ใช้กันแล้ว อุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ส่วนใหญ่ก็ถูกออกแบบให้มีการเชื่อมต่อแบบ USB ส่วนที่แตกต่างจาก PIC18F4550 ก็คือ PIC18F4550 จะมี A/D ความละเอียดถึง 12 บิต ดังนั้น PIC USB/4550 จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาพัฒนา หรือ เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการเชื่อมต่อสื่อสารแบบ USB และ การใช้งาน A/D ที่ความละเอียดสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550

คุณสมบัติ PIC 18F4550

1. ปฏิบัติงานที่ความถี่ 48 MHz
2. หน่วยความจำโปรแกรม 32768 ไบต์
3. หน่วยความจำข้อมูล 2048 ไบต์
4. หน่วยความจำ EEPROM 256 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แหล่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ 20 แหล่ง

6. พอร์ตอินพุตเอาต์พุต พอร์ต A, B, C, D, E

7. ไทม์เมอร์ 4 แหล่ง

8. โมดูล Capture/ Compare/ PWM 1 แหล่ง

9. โมดูล Enhanced Capture/Compare/PWM 1 แหล่ง

10. โมดูล Universal Serial Bus (USB) 1 แหล่ง

11. การสื่อสารแบบอนุกรม MSSP, Enhanced USART

12. รองรับการสื่อสาร Streaming Parallel Port (SPP)

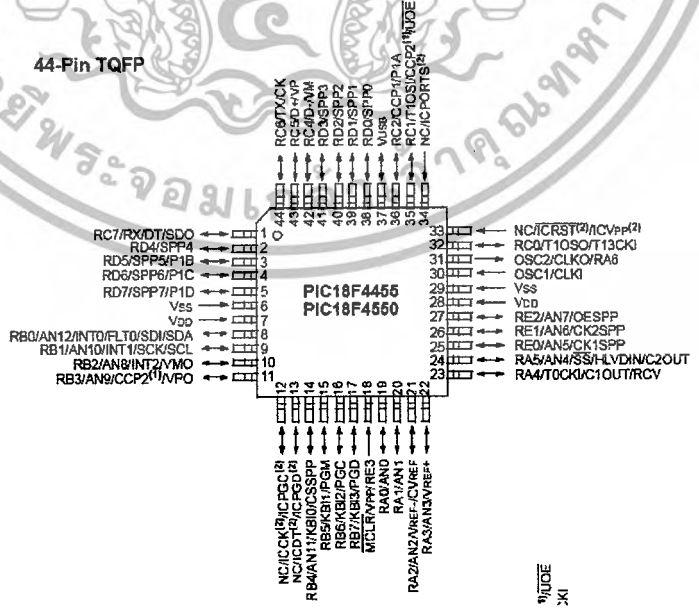
13. โมดูล A/D ขนาด 10 บิต 13 ช่องสัญญาณ

14. วงจรรีเซต และ วงจรห่วงเวลา POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT

15. วงจรตรวจสอบความต่างศักย์แบบ สูง และ ต่ำ

2.6.1 อินพุต/เอาต์พุต PIC18F4550

PIC18F4550 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ตระกูล PIC ในตัวถังแบบ Thin Profile Plastic Quad Flat Package (TQFP) และ Micro Lead Frame Package (MLF) การจัดตำแหน่งขาพอร์ต แสดงดังรูป



รูปที่ 2.10 รายละเอียดขา PIC 18F4550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต A และรีจิสเตอร์ TRISA

Port A มีทั้งหมด 6 bit โดยที่สามารถทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูล โดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISA ว่าจะให้ทำหน้าที่ในการส่งหรือรับข้อมูล โดยที่ขา RA4 นั้นจะถูก Multiplex กับ clock ของ Timer0 ส่วนขาอื่นนั้นจะถูก Multiplex กับการรับสัญญาณอนาลอค และแรงดันอ้างอิง

พอร์ต B และรีจิสเตอร์ TRISB

Port B มีทั้งหมด 8 bit สามารถติดต่อได้ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISB เมื่ออยู่ในลักษณะการรับข้อมูลขานั้นจะมีความอิมพิแดนซ์สูง โดยที่ขา RB7-RB4 สามารถทำหน้าที่ในการ interrupt การทำงานได้

พอร์ต C และรีจิสเตอร์ TRISC

Port C มีทั้งหมด 8 bit สามารถติดต่อได้ 2 ทาง ซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISC และ Port C ยังมีความสามารถในการทำงานอีกหลายอย่าง เช่น เป็นขาที่ใช้ในการรับสัญญาณ Clock ของ Timer1, ตัวเปรียบเทียบค่าแรงดัน, ทำการส่ง-รับข้อมูลแบบอนุกรม

พอร์ต D และรีจิสเตอร์ TRISD

Port D มีทั้งหมด 8 bit สามารถติดต่อได้ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISD และ Port D ยังมีความสามารถในการทำงานเพื่อสามารถขยายความสามารถให้สามารถเชื่อมต่อกับ Microprocessor คือทำงานในลักษณะ parallel slave port ซึ่งทำงานร่วมกับ Port E

พอร์ต E และรีจิสเตอร์ TRISE

Port E มีทั้งหมด 3 bit สามารถติดต่อได้ 2 ทางซึ่งการกำหนดการรับและส่งข้อมูล ในแต่ละขาโดยการกำหนดทิศทางใน รีจิสเตอร์ TRISE และ Port E ยังมีความสามารถในการทำงานเป็นขา Control เพื่อใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และยังสามารถรับข้อมูลอนาลอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการกับการอินพุตและเอาท์พุต

วงจรสำหรับบิตบิตหนึ่งของพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต สามารถกำหนดได้ว่าพอร์ตไหนจะเป็นอินพุตหรือเอาต์พุต การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต สัญญาณจะไม่ถูกแลตซ์เอาไว้ การป้อนสัญญาณอินพุต ต้องคงค่าจนกระทั่งทำการอ่านโดยคำสั่งอินพุตจนครบ (เช่น MOVF PORTB, W) แต่สำหรับการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตนั้นข้อมูลจะถูกแลตซ์เอาไว้ และจะไม่มีการเปลี่ยนค่าจนกว่าจะมีการเขียนข้อมูลใหม่ส่งมาอีกครั้ง การกำหนดพอร์ต ในตำแหน่งขาต่างๆ ให้เป็นเอาต์พุตจะต้องสั่งให้บิต ควบคุมทิศทาง (TRISA, TRISB, TRISC, TRISD, TRISE) มีค่าเป็น "0" แต่ถ้าต้องการให้เป็นขาอินพุตจะต้องกำหนดบิต ควบคุมให้มีค่าเป็น "1"

การทำงานในโหมด Parallel Slave Port ของ Port D และ Port E

การที่ Port D จะทำหน้าที่เป็น 8-bit Parallel Slave Port นั้น จะต้องมีการกำหนดค่าที่ control bit ของรีจิสเตอร์ TRISE ที่ตำแหน่งบิตที่ 4 ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งสามารถทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถควบคุมการอ่านและเขียนกับตัวไมโครคอนโทลเลอร์ได้โดยผ่านขา RD และ ขา WR โดยผ่านขา RE0 และ RE1 ตามลำดับ และยังมีขาช่วยอีกขาคือ CS ซึ่งจะอยู่ตรงขา RE2

การทำงานในลักษณะนี้จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ 8-bit ทางด้าน Data bus ได้โดยตรง

รีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

การกำหนดลักษณะการทำงานจะต้องเป็นการป้อนค่าเข้าไปเก็บไว้ที่แต่ละตำแหน่งของรีจิสเตอร์กำหนดทิศทาง (เช่น รีจิสเตอร์ TRISA) โดยค่า "1" ที่ใส่ในรีจิสเตอร์ควบคุมจะทำให้ขาอินพุต/เอาต์พุต อยู่ในสถานะความต้านทานสูงทำหน้าที่เป็นขา อินพุต และค่า "0" ที่ใส่ในรีจิสเตอร์ควบคุมจะทำให้ขาอินพุต/เอาต์พุตที่ถูกเลือกของพอร์ตนั้นมีสถานะเป็นขาเอาต์พุต

รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ

W - (working register) เก็บค่าโอเปอแรนด์ ที่สองในคำสั่งที่มี 2 โอเปอแรนด์ (และ/หรือ สนับ สนุนการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายใน)

TRISA - ควบคุมอินพุต/เอาต์พุต สำหรับพอร์ต A บิต 0 ถึง 5 เท่านั้นที่ใช้ได้ ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับพอร์ต อินพุต/เอาต์พุต ที่มีแค่ 6 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRISB - ควบคุมอินพุต/เอาต์พุต สำหรับพอร์ต B

TRISC - ควบคุมอินพุต/เอาต์พุต สำหรับพอร์ต C

TRISD - ควบคุมอินพุต/เอาต์พุต สำหรับพอร์ต D

TRISE - ควบคุมอินพุต/เอาต์พุต สำหรับพอร์ต E และการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ต D ให้อยู่ใน Parallel Slave Port

ADRES – ใช้เก็บค่าผลลัพธ์การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ADCON0 – ใช้กำหนดลักษณะขั้นตอนการทำงานของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เช่น ความถี่ที่ใช้ในการแปลง A/D ช่องสัญญาณที่ใช้ในการรับข้อมูล เป็นต้น

ADCON1 – กำหนดลักษณะการรับข้อมูลเป็น อนาลอก/ดิจิตอล รวมถึงแรงดันอ้างอิงของแต่ละบิตของพอร์ต RA5:RA0 และ RE2:RE0

ขั้นตอนในการแปลง A/D

1. กำหนดลักษณะการทำงานของ A/D
   - กำหนดค่าขาอินพุต / แรงดันอ้างอิง / ขาอินพุต –เอาท์พุต แบบดิจิตอล โดยกำหนดที่ รีจิสเตอร์ ADCON1
   - ทำการเลือกขาสำหรับรับสัญญาณอนาลอก โดยกำหนดที่รีจิสเตอร์ ADCON0
   - ทำการกำหนด Clock ในการแปลงสัญญาณ A/D ที่รีจิสเตอร์ ADCON0
   - กำหนดให้สามารถมีการแปลงสัญญาณ A/D ได้ที่รีจิสเตอร์ ADCON0
2. กำหนดการ interrupt ของ A/D
   - กำหนดค่า ADIF bit ให้มีค่าเป็น "0" (ทำการลบค่าใน A/D interrupt flag bit)
   - กำหนดค่า ADIE bit ให้มีค่าเป็น "1" (กำหนดให้อุปกรณ์สามารถทำการ interrupt ได้)
   - กำหนดค่า GIF bit ให้มีค่าเป็น "1" (กำหนดให้สามารถทำการ interrupt ได้)
3. ทำการแปลงข้อมูล
   - กำหนดค่าที่บิต 2 ของรีจิสเตอร์ ADCON0 ให้มีค่าเป็น "1"
4. รอให้การแปลงข้อมูลเสร็จโดย
   - ทำการตรวจสอบบิต 2 ของรีจิสเตอร์ ADCON0 ว่ามีค่าเป็น "0" หรือไม่ หรือ
   - ทำการรอสัญญาณ interrupt ของ A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการอ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้จากรีจิสเตอร์ ADRES และทำการกำหนดค่า ADIF ให้เป็น "0"

วงจรออสซิลเลเตอร์

ชิพตระกูล PIC18F4550 ร่วมกับ ออสซิลเลเตอร์ต่าง ๆ ได้ 4 แบบ ถ้าชิพนั้นมี EPROM อยู่ภายในตัวเอง การเลือกใช้วงจรออสซิลเลเตอร์จะขึ้นกับ อีพรอมนั้นว่าต้องการออสซิลเลเตอร์แบบใด ถ้าเป็นชิพแบบ OTP และ QTP โรงงานจะเป็นผู้กำหนดออสซิลเลเตอร์ที่จะใช้งานได้มาให้

การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ (C1, C2) สำหรับวงจร Resonator แบบเซรามิก จะคำนึงถึงความถี่ต่างๆที่ใช้ ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.20 ช่วงใช้งานออสซิลเลเตอร์แบบXTและHS

ออสซิลเลเตอร์แบบ	ความถี่ Resonator	ช่วงของค่าตัวเก็บประจุ (C1) (pF)	ช่วงของค่าตัวเก็บประจุ (C2) (pF)
XT	445 kHz	68 - 100	150 - 330
	2.0 MHz	15 - 68	20 - 330
	4.0 MHz	15 – 68	20 - 330
HS	8.0 MHz	10 - 68	20 - 200

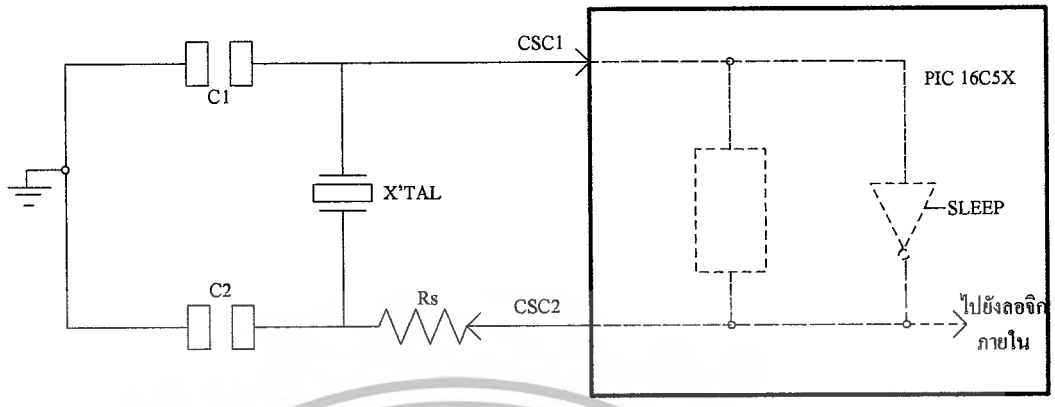
ชิพแบบ XT เป็นออสซิลเลเตอร์คริสตอลแบบมาตรฐาน ซึ่งอาจต้องการคริสตอลแบบสตริปคัต AT (AT strip-cut) เพื่อหลีกเลี่ยงการโอเวอร์ไดรฟ์

ส่วนชิพแบบ HS เป็นออสซิลเลเตอร์คริสตอลชนิดความเร็วสูง ซึ่งอาจจะต้องใช้ตัวต้านทานต่อเชื่อมด้วยในกรณีที่ต้องการให้เกิดความถี่ออสซิลเลชั่น ที่น้อยกว่า 20 เมกกะเฮิร์ตซ์

ออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล

PIC18F4550 แบบ XT,HS หรือ LP จะต้องใช้วงจรรีโซเนเตอร์ แบบเซรามิกหรือคริสตอลต่อเข้าที่ขา OSC1 และ OSC2 เพื่อทำให้เกิดสัญญาณนาฬิกาดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การต่อใช้งานสัญญาณนาฬิกาของวงจรรีโซเนเตอร์

การเลือกใช้ตัวเก็บประจุ (C1,C2) สำหรับวงจรรีโซเนเตอร์แบบเซรามิก จะคำนึงถึงความถี่ต่างๆที่ใช้ ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.21 ช่วงใช้งานของวงจรรีโซเนเตอร์แบบเซรามิก

ออสซิลเลเตอร์แบบ	ความถี่รีโซเนเตอร์	ช่วงของค่าตัวเก็บประจุ (pF)
XT	445 kHz	150-330
	2.0 MHz	20-330
	4.0 MHz	20-330
HS	8.0 MHz	20-200

ชิพแบบ XT เป็นออสซิลเลเตอร์คริสตอลแบบมาตรฐาน ซึ่งอาจต้องการคริสตอลแบบสตริปคัต AT (AT strip-cut) เพื่อหลีกเลี่ยงการโอเวอร์ไดรฟ์ (overdrive)

ส่วนชิพแบบ HS เป็นออสซิลเลเตอร์คริสตอลชนิดความเร็วสูง ซึ่งอาจจะต้องใช้ตัวต้านทานต่อเชื่อมด้วยใ นกรณีที่ต้องการให้เกิดความถี่ออสซิลเลชั่น ที่น้อยกว่า 20 MHz

การเลือกตัวเก็บประจุสำหรับออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล สามารถพิจารณาได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.22 การเลือกตัวเก็บประจุใช้ในออสซิลเลเตอร์แบบคริสตอล

ออสซิลเลเตอร์	ความถี่	C1	C2
LP	32 kHz	15 pF	15 pF
XT	100 kHz	15-30 pF	200-300 pF

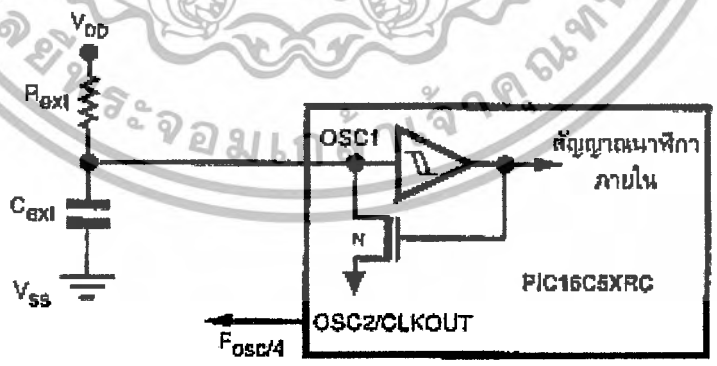
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	200 kHz	15-30 pF	100-200 pF
	455 kHz	15-30 pF	15-100 pF
	1 MHz	15-30pF	15-30 pF
	2 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15 pF	15 pF
	20 MHz	15pF	15 pF

ออสซิลเลเตอร์แบบ RC

เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงมากนัก อีกทั้งราคาก็ถูกกว่าแบบอื่น โดยความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์แบบ RC จะขึ้นอยู่ กับ

- ความดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ
- ตัวต้านทาน (Rext)
- ค่าตัวเก็บประจุ (Cext)
- อุณหภูมิที่ใช้งาน
- อุปกรณ์ต่างๆ
- ความกว้างของขอบตัวนำระหว่างชิพของตัวเก็บประจุชนิดนั้นๆ



รูปที่ 2.12 ออสซิลเลเตอร์แบบ RC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแสดงถึงวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ RC เข้ากับ PIC16C7X สำหรับค่า Rext ที่น้อยกว่า 2.2 กิโลโอห์ม สัญญาณออสซิลเลเตอร์ ที่ได้อาจจะไม่คงที่หรือหยุดนิ่งสำหรับค่า Rext ที่มีค่าสูงมากๆ (เช่น 1 เมกะโอห์ม) ออสซิลเตอร์ จะมีความไวต่อสัญญาณรบกวนความชื้นและสภาวะแวดล้อมภายนอก ดังนั้น ควรจะใช้ค่า Rext ให้มีค่าอยู่ในช่วง 5 กิโลโอห์ม ถึง 100 กิโลโอห์ม

ถึงแม้ว่าออสซิลเลเตอร์ จะทำงานได้โดยไม่ต้องต่อตัวเก็บประจุภายนอก (Cext=0 พิโกฟารัด) แต่ควรใส่ค่าตัวเก็บประจุที่มากกว่า 20 pF เพื่อลดสัญญาณรบกวนและให้สัญญาณมีความคงที่ ถ้าไม่มีตัวเก็บประจุหรือตัวเก็บประจุภายนอกมีค่าน้อยเกินไป จะทำให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่ตัวเก็บประจุภายนอก เช่น ที่แผ่นวงจรพิมพ์บริเวณตัวเก็บประจุหรือตัวนำของตัวเก็บประจุ

2.7 โครงสร้างภาษา C ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

การเข้าถึงพอร์ตในระดับบิตด้วย output_high(); และ output_low();

- output_high(); เป็นฟังก์ชั่นเข้าถึงข้อมูลในระดับบิต สั่งให้บิตนั้นมีลอจิกเป็น 1 คือ 5 โวลต์
- output_low(); เป็นฟังก์ชั่นเข้าถึงข้อมูลในระดับบิต สั่งให้บิตนั้นมีลอจิกเป็น 0 คือ 0 โวลต์

การใช้งานฟังก์ชั่น input ();

- ฟังก์ชั่น input(); เป็นฟังก์ชั่นอ่านข้อมูลขนาด 1 ไบต์(8 บิต)จากพอร์ตอินพุต ข้อมูลจากพอร์ตที่กำหนดการใช้งานจะขึ้นอยู่กับไดเร็กทีฟ #use*_io เช่น #use fast_io , #use fixed_io และ #use standard_io ค่าปกติเป็น standard I/O

การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม USART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550

พอร์ตอนุกรม (Serial port) จัดเป็นพอร์ตสื่อสารข้อมูลที่นิยมนำมาใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ได้เตรียมโมดูลการเชื่อมต่ออนุกรมไว้แล้วที่เรียกว่าUSART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) โดยมีคุณสมบัติเป็นทั้งตัวรับและตัวส่งข้อมูลในแบบอะซิงโครนัสหรือซิงโครนัส นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ด้วย

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะไม่ลงไปในรายละเอียดทางด้านรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวกับ USART เนื่องจากมีความซับซ้อนและในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับโมดูล USART นั้น CCS C คอมไพเลอร์ได้เตรียมฟังก์ชั่นพร้อมใช้งานไว้ให้แล้ว ทั้งการติดต่อแบบโพลลิ่ง (Polling) เป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วนลูปตรวจสอบการรับส่งข้อมูลอนุกรม และในรูปแบบอินเตอร์รัปต์ (interrupt) เป็นการติดต่อแบบการกระตุ้นด้วยฮาร์ดแวร์

ไดเร็กทีฟสำหรับพอร์ตอนุกรม

ก่อนการใช้งานฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับ USART นั้น ต้องประกาศใช้งานไดเร็กทีฟ #use delay() ก่อนแล้วตามด้วยการประกาศใช้งานไดเร็กทีฟ #use rs232() เมื่อประกาศใช้งานไดเร็กทีฟทั้งสองแล้วก็สามารถที่จะเรียกใช้งานฟังก์ที่เกี่ยวกับ RS232I/O ได้ทันที การใช้งานไดเร็กทีฟทำได้ดังนี้

ไดเร็กทีฟ #USE DELAY

กำหนดใช้งานความถี่ของสัญญาณนาฬิกาและเปิดการใช้งานฟังก์ชั่น delay_ms()และ delay_us()

รูปแบบการใช้งาน: #use delay(clock=speed)

หรือ

#use delay(clock=speed, restart_wdt)

ไดเร็กทีฟ #USE RS232

กำหนดบอดเรตและขาพอร์ตใช้งาน Serial I/O ก่อนเรียกใช้งานไดเร็กทีฟนี้ต้องกำหนดไดเร็กทีฟ #delay ก่อน เมื่อไดเร็กทีฟ #use rs232 มีการใช้งานแล้วจะทำให้ฟังก์ชั่น GETC, PUTC และ PRINTF สามารถเรียกใช้งานได้

รูปแบบการใช้งาน: #use rs232(options)

การใช้งานฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตอนุกรม

ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตอนุกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ฟังก์ชั่นรับส่งข้อมูลและฟังก์ชั่นการใช้งาน RS232I/O

ฟังก์ชั่นอินพุตพอร์ตอนุกรม

ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 (Standard Input) ประกอบไปด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่น GET(), GETCH(), GETCHAR(), FGETC()

ฟังก์ชั่นรับข้อมูลอักขระขนาด 8 บิต

รูปแบบการใช้งาน: value = getc();

value = fgetc(stream);

value = getch();

value = getchar():

ฟังก์ชั่น GETS(), FGETS()

ฟังก์ชั่นรับข้อมูลสตริง

รูปแบบการใช้งาน: gets(string);

fgets(string, stream);

ฟังก์ชั่น KBHIT()

ตรวจสอบการกดคีย์

รูปแบบการใช้งาน: value = kbhit();

ฟังก์ชั่นเอาต์พุตพอร์ตอนุกรม

ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลไปที่ Standard Output (RS232 I/O) ฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS232 ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นดังต่อไปนี้

ฟังก์ชั่น PUTC(), PUTCHAR(), FPUTC()

ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลอักขระขนาด 8 บิต

รูปแบบการใช้งาน: putc(cdata);

putchar(cdata);

fputc(cdata, stream);

ฟังก์ชั่น PUTS(), FPUTS()

ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลสตริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการใช้งาน: puts(string);

fputs(string, stream);

ฟังก์ชั่นPRINTF (), FPRINTF ()

ฟังก์ชั่นส่งข้อมูลสตริงหรืออะเรย์ของอักขระ และสามารถที่จะกำหนดใช้รหัสควบคุมการพิมพ์ได้

รูปแบบการใช้งาน: printf(string);

fprintf(cstring, values…);

fprintf(stream, cstring, values…)

ฟังก์ชั่น SET_UART_SPEED()

ฟังก์ชั่น set_uart_speed()ใช้ในการเปลี่ยนแปลงบอดเรตของ rs 232 ขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอยู่ (run-time)

รูปแบบการใช้งาน: set_uart_speed(baud);

ไฟล์INPUT.C

ไฟล์ input.c เป็นไฟล์ที่ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลผ่าน Standard I/O (RS232I/O) ใน CCS C จะไม่มีฟังก์ชั่น scanf() ในการรับข้อมูลแบบภาษา C มาตรฐาน (ANSI C) แต่จะให้ฟังก์ชั่นที่อยู่ภายในไฟล์ input.c แทนการใช้ฟังก์ชั่น scanf() ซึ่งประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นดังต่อไปนี้

a. ฟังก์ชั่นgethex1(), gethex() รับข้อมูลเลขฐานสิบหก
b. ฟังก์ชั่น get_string() รับข้อมูลสตริง
c. ฟังก์ชั่น get_int(), get_lont() รับข้อมูลจำนวนเต็ม
d. ฟังก์ชั่น get_float() รับข้อมูลจำนวนทศนิยม

การใช้งานโมดูล A/D ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550

การใช้งานโมดูล A/D นั้นต้องกำหนดให้พอร์ต A ทำหน้าที่เป็น การรับข้อมูลทางพอร์ตในรูปแบบอนาลอกโดยใช้ฟังก์ชั่น

- set_tris_a(0Bxxxxxxxx); กำหนดให้พอร์ต A ทำหน้าที่เป็นอินพุต
- setup_adc_ports(ANx); เซตพอร์ต A บิต x ทำหน้าที่เป็นขารับข้อมูลอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

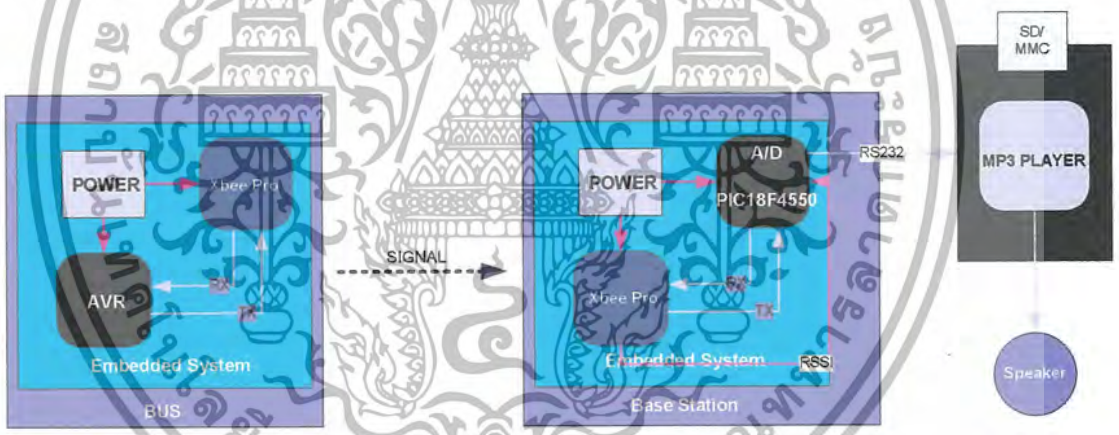
- setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); เซตสัญญาณนาฬิกาภายในสำหรับสัญญาณอนาลอก
- set_adc_channel(x); เซตให้รับสัญญาณอนาลอกช่องที่ x
- read_adc(); อ่านความต่างศักย์ที่รับมาจากขา RAx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบและหลักการทำงาน

3.1 ระบบและหลักการทำงาน

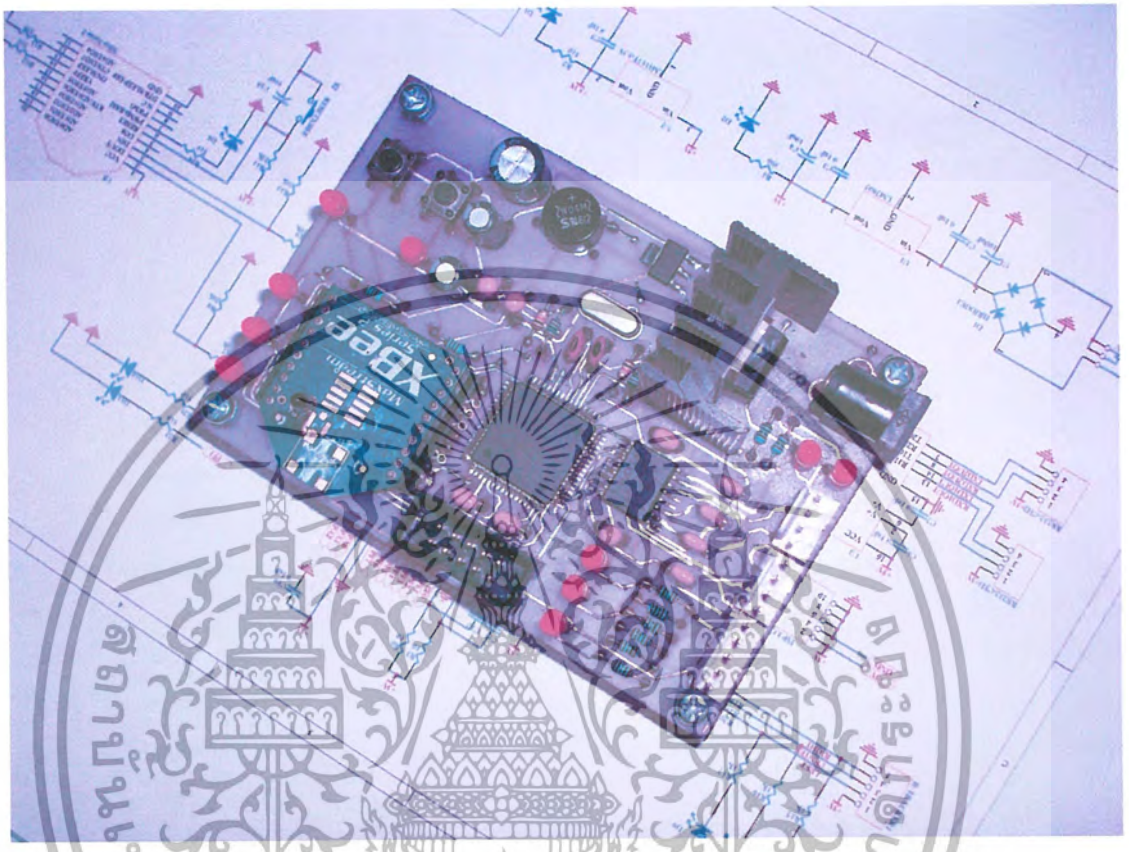
ในการส่งข้อมูลนั้นจะเริ่มที่ด้านส่งสัญญาณซึ่งในโครงงานจะจำลองภาคส่งสัญญาณเป็นรถบังคับวิทยุให้ทำการส่งหมายเลขทะเบียนรถประจำทางโดยมีการหน่วงเวลาในการส่งหมายเลขทะเบียนรถประจำทางเมื่อครบเวลาที่กำหนดก็ให้ทำการส่งหมายเลขทะเบียนรถประจำทางพร้อมกับระดับความแรงของสัญญาณมายังภาครับสัญญาณ หลังจากนั้นภาครับจะทำหน้าที่ตรวจจับข้อมูลที่ที่ภาคส่ง ส่งมาว่าตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าใช่ ก็จะทำการตรวจวัดระดับความแรงของสัญญาณที่ส่งมาว่าตรงกับที่ทำการตั้งไว้หรือไม่ ถ้าถูกต้องทั้งคู่จะนำข้อมูลส่งไปยังบอร์ดเล่นเสียง MP3 ให้เล่นไฟล์เสียงของรถประจำทางสายนั้น



รูปที่ 3.1 ระบบการทำงาน

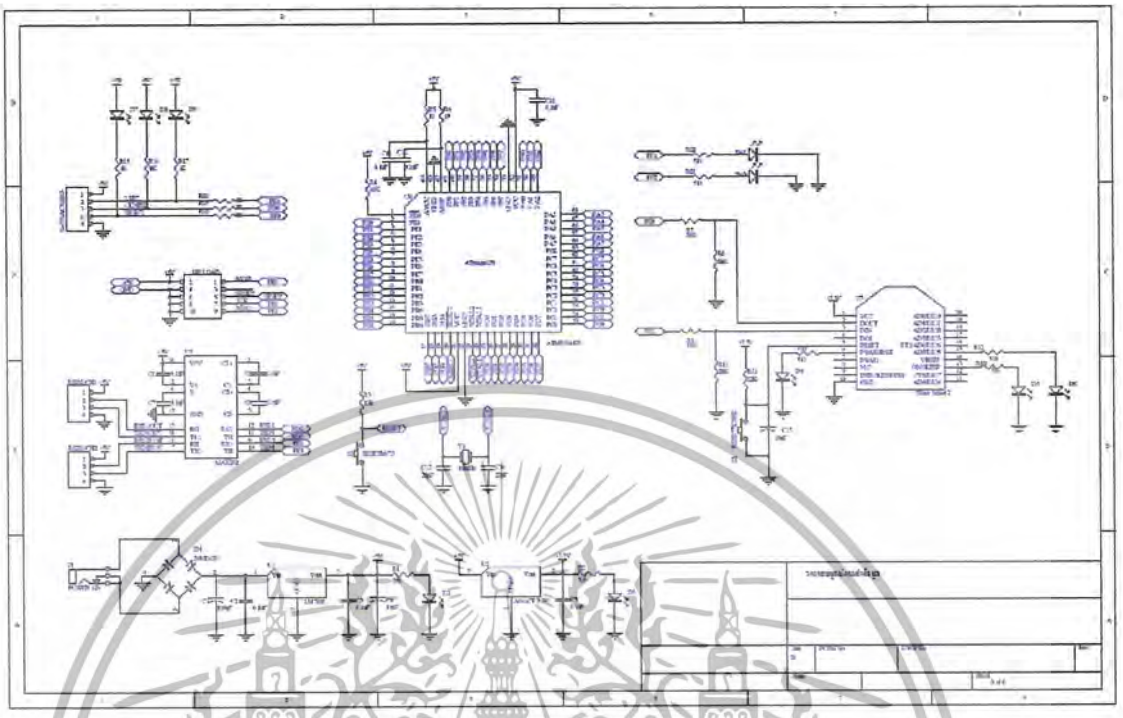
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการทำงานภาคส่งข้อมูล



รูปที่ 3.2 บอร์ดภาคส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



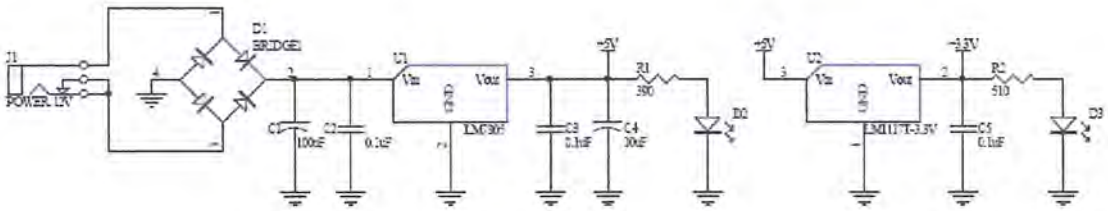
รูปที่ 3.3 วงจรภาคส่งข้อมูล

จากวงจรประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.วงจรแปลงจ่ายไฟ

เมื่อทำการจ่ายไฟ 6-12 โวลต์ DC เข้าสู่วงจร **Bride Diode** ทำหน้าที่จัดเรียงกระแสส่งต่อให้ **IC Regulator LM7805** ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟให้มีขนาด 5 โวลต์ DC เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจร จากนั้นส่งไฟ 5 โวลต์ DC ให้ **IC Regulator LM1117T-3.3** ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟจาก 5 โวลต์ DC เป็น 3.3 โวลต์ DC เพื่อเป็นไฟเลี้ยงโมดูล Xbee Series 2 เนื่องจากโมดูล Xbee Series 2 ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.8-3.3 โวลต์ DC โดยมี LED D2 แสดงสถานะไฟเลี้ยง 5 โวลต์ DC และ LED D3 แสดงสถานะไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ DC

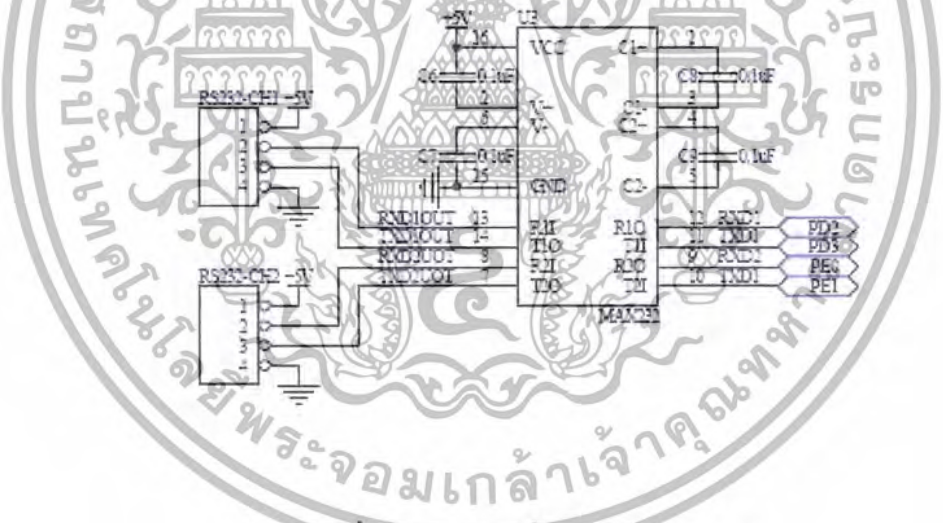
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

2.วงจรเชื่อมต่อ RS-232

ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ คอมพิวเตอร์ จากวงจรใช้ IC MAX323 ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ทั่วๆ ไปเนื่องจากหาง่ายตามท้องตลาดบ้านเรา

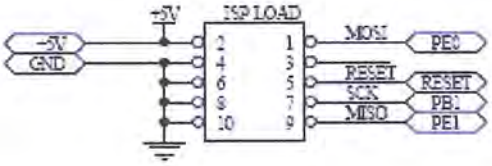


รูปที่ 3.5 วงจรการเชื่อมต่อ IC MAX232

3. วงจรดาวน์โหลดข้อมูล

เนื่องจากการใช้งานนั้นต้องมีการแก้ไขการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ได้ตามที่เราต้องการ ดังนั้นวงจรดาวน์โหลดข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็น และเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega128 สามารถทำการดาวน์โหลดข้อมูลได้โดยไม่ต้องถอดออกจากบอร์ด ดังนั้นเราควรออกแบบวงจรส่วนนี้ไว้เพื่อลดความยุ่งยากในการดาวน์โหลดข้อมูล

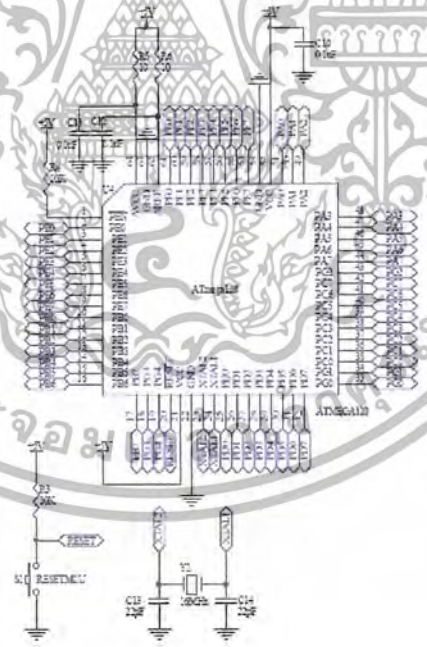
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรดาวน์โหลดข้อมูล

4. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128

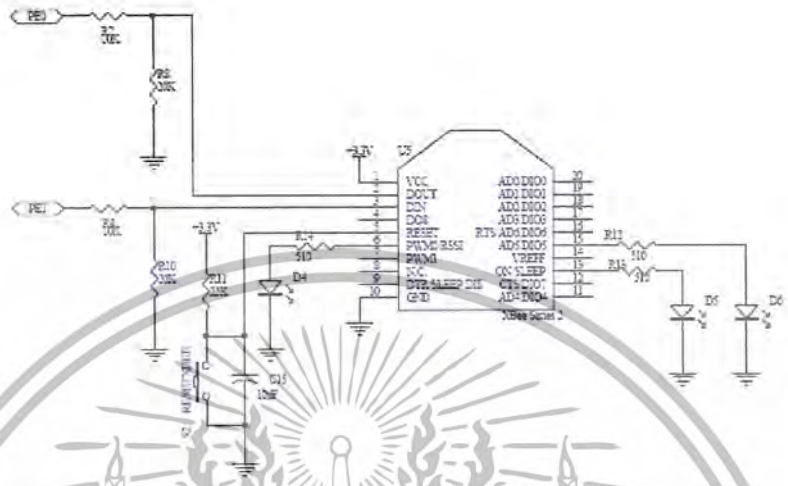
นี่คือวงจรพื้นฐานในการต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งจะต้องมีการต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์ DC เข้าขา VCC ต่อแหล่งจ่ายไฟอ้างอิง เข้าขา VCC และ VREF ขา /PEN ต่อไฟเลี้ยง ต่อสัญญาณกราวด์ เข้าขา GND ต่อวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาเข้าขา XTAL1 และ XTAL2 ต่อวงจรรีเซตกับขา /RESET เพื่อทำการเซตให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลับสู่สภาวะเริ่มต้นเมื่อทำงานผิดพลาด



รูปที่ 3.7 วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรเชื่อมต่อโมดูล Xbee Series 2

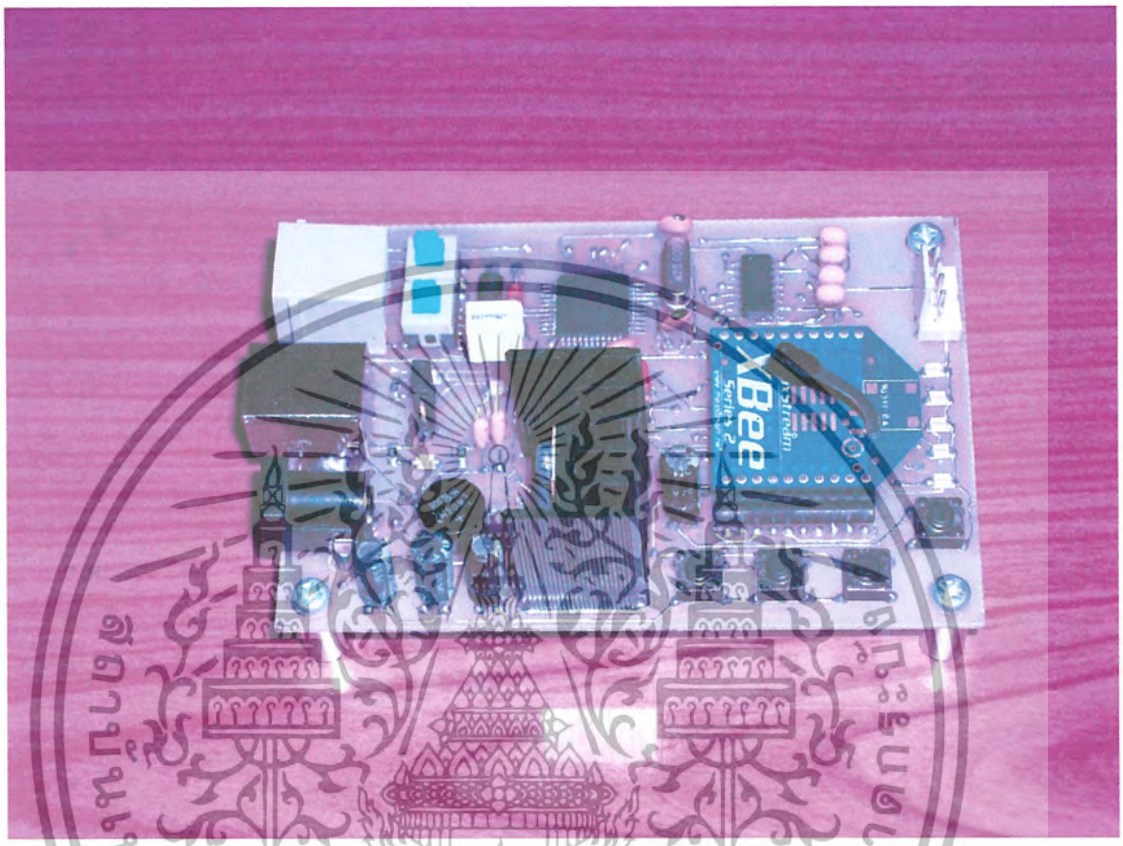


รูปที่ 3.8 วงจรการเชื่อมต่อโมดูล Xbee Series 2

จากรูปเป็นโมดูล Xbee Series 2 ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านโครงข่ายไร้สายซึ่งจะทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.8 – 3.3 โวลต์ DC โดยมีขาทั้งหมด 20 ขา ขา VCC เชื่อมต่อไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ DC ขา GND เชื่อมต่อกราวด์ ขา DOUT เชื่อมต่อขา RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ขา DIN เชื่อมต่อขา TX ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และจำเป็นต้องต่อตัวต้านทานแบ่งแรงดันไฟก่อนเข้าสู่ขา DOUT และ ขา DIN ของโมดูล Xbee Series 2 ขา AD5 ต่อไฟแสดงสถานะการทำงานถ้าในสภาวะที่โมดูล Xbee ทำงานปกติ ไฟจะกระพริบสม่ำเสมอ ถ้าไฟไม่กระพริบแสดงว่าโมดูล Xbee ทำงานผิดปกติ ขา PWM เชื่อมต่อไฟแสดงสถานะเชื่อมโมดูล Xbee มีการส่งข้อมูล ซึ่งไฟแสดงสถานะจะติดก็ต่อมื่อโมดูล Xbee มีการส่งข้อมูลเท่านั้น ขา RESET เชื่อมต่อวงจรรีเซตเพื่อรีเซตโมดูล Xbee ให้กลับสู่สภาวะการทำงานเริ่มต้นเมื่อมีการทำงานผิดพลาด

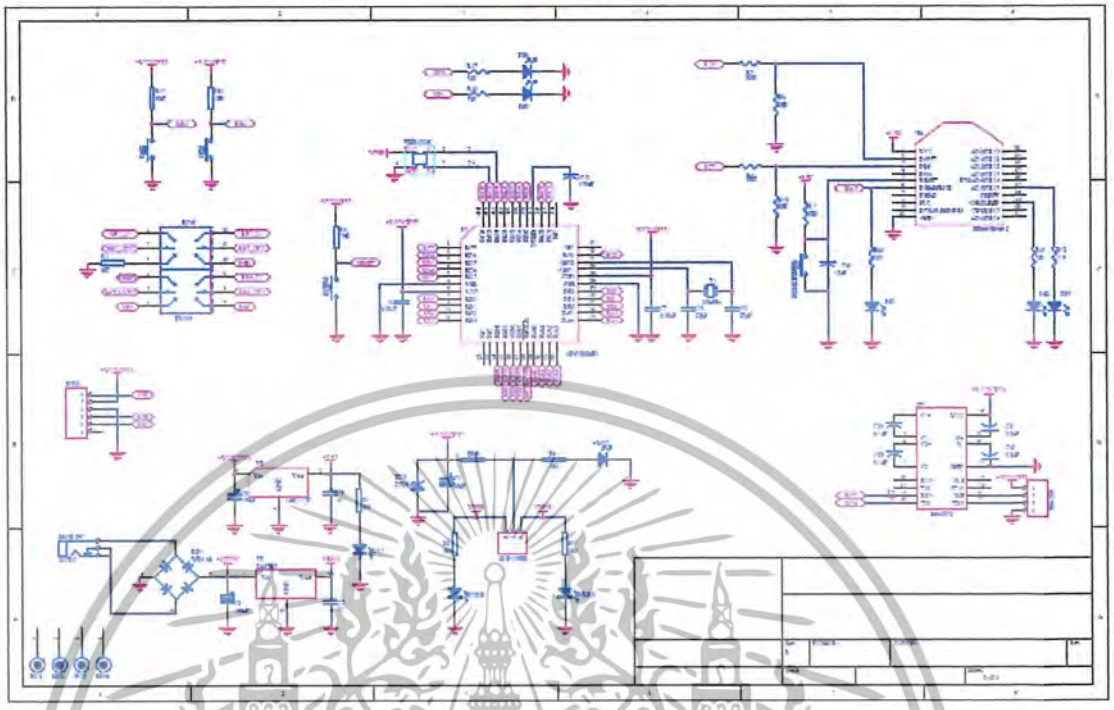
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการทำงานภาครับข้อมูล



รูปที่ 3.9 บอร์ดภาครับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



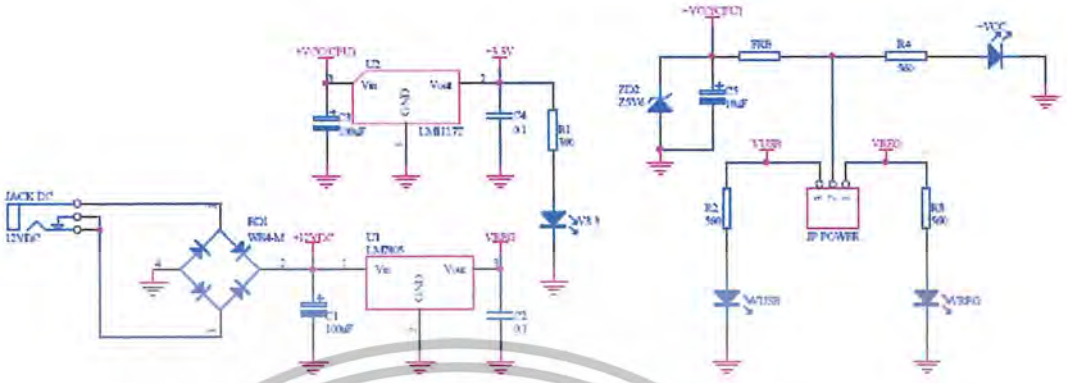
รูปที่ 3.10 วงจรภาครับข้อมูล

จากวงจรประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1.วงจรแปลงจ่ายไฟ

เมื่อทำการจ่ายไฟ 8 - 12 โวลต์ DC เข้าสู่วงจร **Bride Diode** ทำหน้าที่จัดเรียงกระแสส่งต่อให้ **IC Regulator LM2575-5** ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟจาก 8-12 โวลต์ DC เป็น 5 โวลต์ DC เพื่อเป็นไฟเลี้ยง CPU และวงจรอื่นภายในบอร์ด **IC Regulator LM1117T-3.3** ทำหน้าที่แปลงไฟจาก 5 โวลต์ DC เป็น 3.3 โวลต์ DC เพื่อเป็นไฟเลี้ยงโมดูล Xbee Series 2 เนื่องจากโมดูล Xbee Series 2 ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.8-3.3 โวลต์ DC โดยมี LED แสดงสถานะไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ DC นอกหนือจากนี้ยังใช้ไฟจากพอร์ต USB ของ PC หรือ NoteBook ได้ด้วย

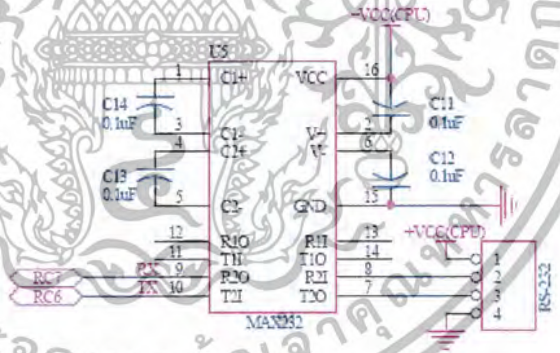
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

2.วงจรเชื่อมต่อ RS-232

ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมการติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ บอร์ดเล่น MP3 โดยใช้ IC MAX232

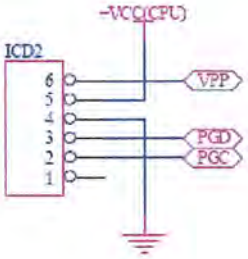


รูปที่ 3.12 วงจรการเชื่อมต่อ IC MAX3222

3. วงจรดาวน์โหลดข้อมูล

เนื่องจากการใช้งานนั้นต้องมีการแก้ไขการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ได้ตามที่เราต้องการ ดังนั้นวงจรดาวน์โหลดข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็น และเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550 สามารถทำการดาวน์โหลดข้อมูลได้โดยไม่ต้องถอดออกจากบอร์ด ดังนั้นเราควรออกแบบวงจรส่วนนี้ไว้เพื่อลดความยุ่งยากในการดาวน์โหลดข้อมูล

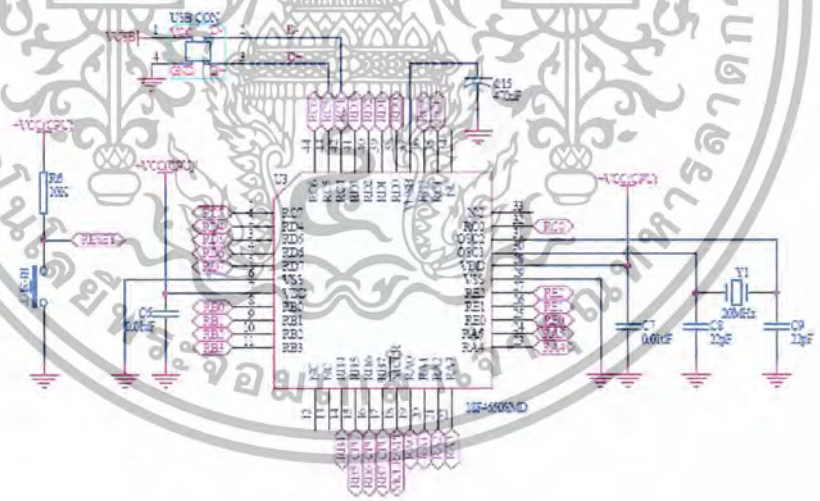
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ **3.13** วงจรดาวน์โหลดข้อมูล

4. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 18F4550

นี่คือวงจรพื้นฐานในการต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ 18F4550 ซึ่งจะต้องมีการต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์ DC เข้าขา VDD ต่อสัญญาณกราวด์ เข้าขา VSS ต่อวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาเข้าขา OSC1 และ OSC2 ต่อวงจร เชื่อมต่อ USB เพื่อต้องการควบคุมอุปกรณ์ผ่าน USB พอร์ต ต่อวงจรรีเซตกับขา /RESET เพื่อทำการเซตให้ไมโครคอนโทรลเลอร์กลับสู่สภาวะเริ่มต้นเมื่อทำงานผิดพลาด

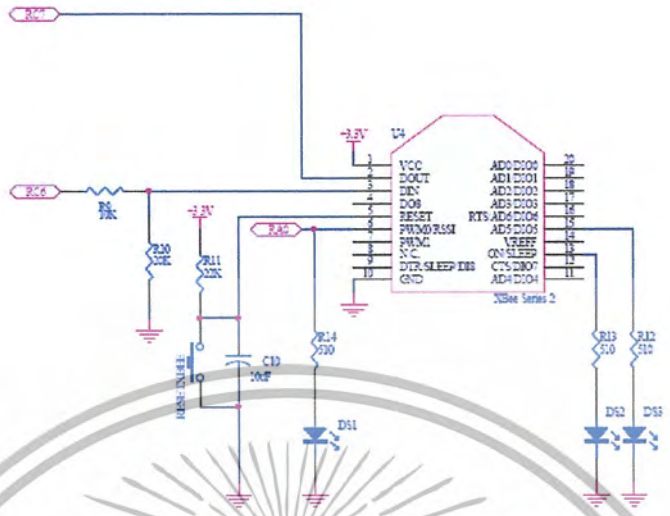


รูปที่ **3.14** วงจรการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F4550

5. วงจรเชื่อมต่อโมดูล Xbee Series 2

จากวงจรมีความคล้ายคลึงกับวงจรภาคส่งซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลมาจากภาคส่งแล้วส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 ประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.15 วงจรการเชื่อมต่อโมดูล Xbee Series 2

3.4 หลักการทำงานของเครื่องเล่น MP3 (ET-REMOTE MP3 V1.0)

รูปที่ 3.16 บอร์ดภาครับเล่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET-REMOTE MP3 V1.0 เป็นบอร์ดรับคำสั่งทาง PORT RS232 หรือ RS485 ในการควบคุมการเล่นไฟล์จาก MEMORY CARD ที่เก็บอยู่ในรูปของ MP3 โดยใช้ตัวถอดรหัส MP3 เบอร์ VS1002 ร่วมกับ MCU ที่ใช้ควบคุมบอร์ดเบอร์ ATMEGA64

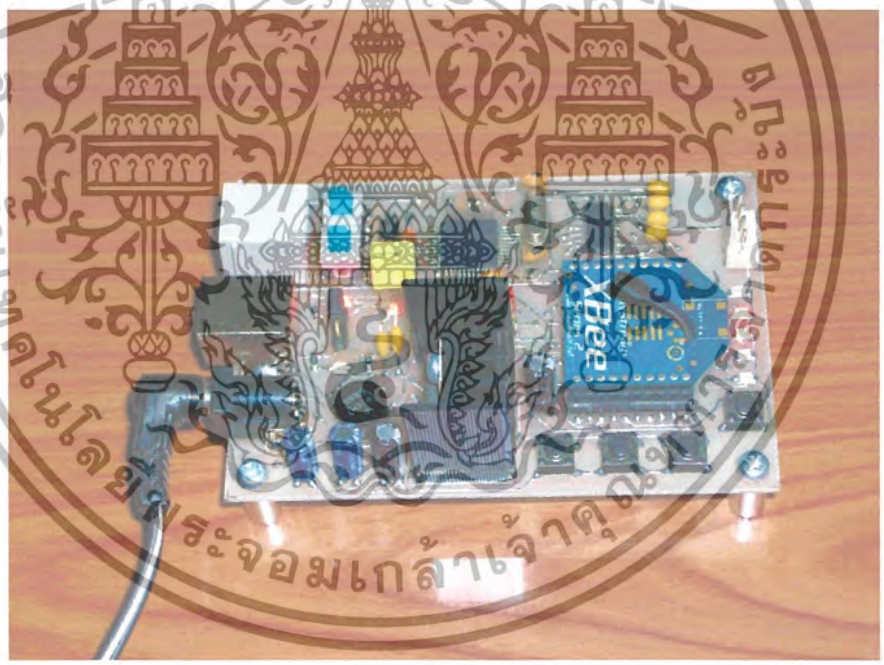
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

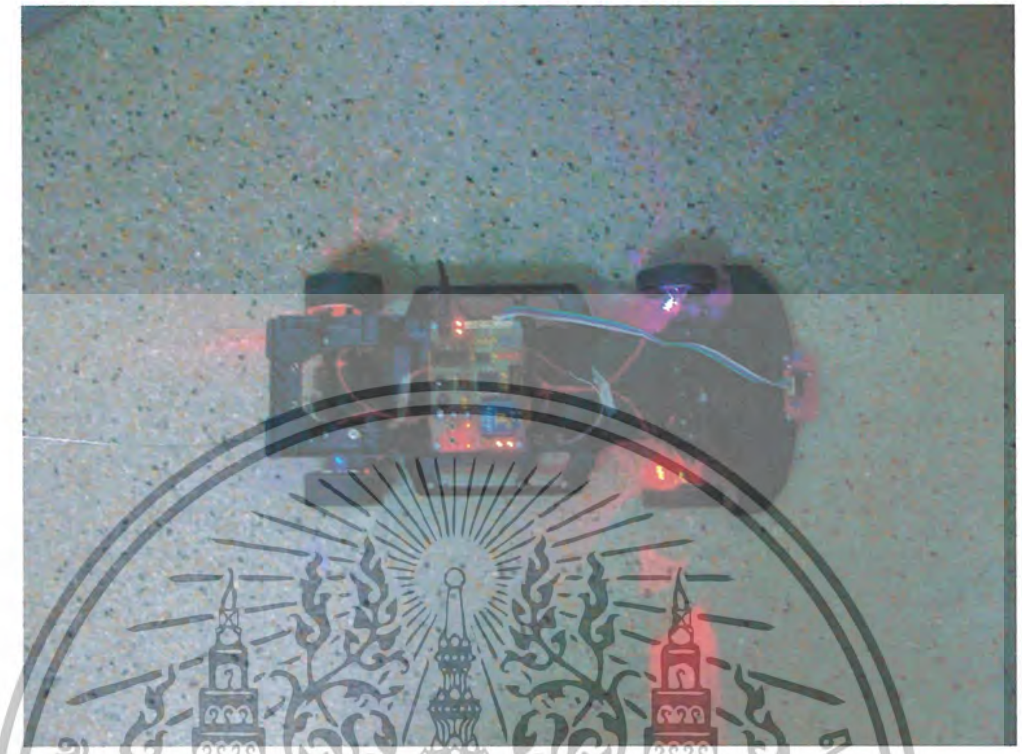
4.1 การสร้างเครือข่าย

การสร้างเครือข่ายไร้สายจะต้องประกอบด้วย Main office 1 ชุด Coordinator 1 ชุดและ End Device อย่างน้อย 1 ชุด โดย Main Office คือ ชุดอุปกรณ์ภาครับที่ทำหน้าที่ในการส่งคำร้องขอข้อมูลจาก End Device ที่อยู่จุดต่างๆ ดังรูปที่ 4.1 Coordinator คือชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่เป็นเสมือนหัวใจของการสร้างเครือข่ายไร้สาย ทำหน้าที่เชื่อมการติดต่อระหว่าง Main Office กับ End Device และสุดท้าย End Device คือ ชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่นำไปติดตั้ง ณ จุดที่ต้องการตรวจวัดข้อมูล ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์ Coordinator ร่วมกับบอร์ด RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ชุดอุปกรณ์ End Device

สำหรับการทำให้ชุดอุปกรณ์ทำงานตามที่ได้กล่าวข้างต้นนั้น ต้องทำการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ โดยชุดอุปกรณ์ภาครับที่ต้องทำหน้าที่เป็น Main Office และสำหรับภาคส่ง 1 ชุดที่ทำหน้าที่เป็น Coordinator ให้กำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ทำงานในโหมด Coordinator โดยการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ได้อธิบายไว้ด้านล่าง

4.1.1 การกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ

XBee Series 2 Network จากมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ชนิดของ network ที่รองรับโดย XBee Series 2 RF module ได้แก่ No Beacon (w/Coordinator)

ตารางที่ 4.1 นิยามค่าพารามิเตอร์ในZigbee

Term	Definition
PAN	Personal Area Network ระบบเครือข่ายการเชื่อมต่อข้อมูลที่ประกอบด้วย End Devices อย่างน้อย 1 ตัว และ Coordinator 1 ตัว
Coordinator	เป็นอุปกรณ์เครือข่ายแบบ Full-function device (FFD) ทำหน้าที่เตรียมการสร้างเครือข่าย กำหนดซิงโครไนซ์ให้กับโนดในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Device	อยู่ในเครือข่ายเดียวกับ Coordination จะทำการซิงโครไนซ์ภายใต้การกำหนดของ Coordination
Association	การเข้าร่วมเป็นเครือข่ายเดียวกันระหว่าง End Device กับ Coordination

4.1.1.1 NonBeacon

โดยปกติแล้ว XBee Series 2 RF Modeless สามารถตั้งค่าให้รองรับ NonBeacon communications ได้ ระบบ NonBeacon ทำงานภายในเครือข่ายที่มีโทโปโลยีแบบ Peer-to-Peer ดังนั้นจึงไม่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง Master/Slave หมายความว่าโมดูลจะซิงโครไนซ์โดยไม่ต้องตั้งค่า master/server แต่ละโมดูลในเครือข่ายจะรวมกฎของ master และ slave โครงสร้าง peer-to-peer มีลักษณะเด่น คือ synchronization times and cold start times ได้รวดเร็ว เครือข่ายแบบ peer-to-peer สามารถตั้งได้โดยการตั้งค่าแต่ละโมดูลให้ทำงานเป็น End Device (CE=o) disabling End Device Association ในทุกโมดูล (A1=0) และตั้งค่าพารามิเตอร์ ID และ CH ไม่ให้ซ้ำกัน

4.1.1.2 NonBeacon (w/Coordination)

อุปกรณ์ที่กำหนดให้เป็น Coordinator โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ CE (Coordinator Enable) เป็น "1" Coordinator power-up จะควบคุมโดยพารามิเตอร์ A2 (Coordinator Association) สำหรับในระบบ NonBeacon (w/Coordinator) Coordinator สามารถตั้งได้ว่าจะให้ทำการส่งข้อมูลแบบ direct หรือ indirect transmissions ถ้าพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) ถูกตั้งค่าให้เป็น "0", Coordinator จะส่งข้อมูลทันที ในทางตรงข้าม SP จะกำหนดระยะเวลาที่ Coordinator จะค้างข้อมูลไว้ก่อนที่จะทิ้งไป โดยทั่วไปพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) และ ST (Time before Sleep) ควรจะตั้งค่าให้สอดคล้องกับการตั้งค่า SP และ ST ของ End Devices

4.1.1.3 Association

Association คือ การก่อตั้งระหว่าง End Devices และ Coordinator และจะใช้ได้ในเครือข่าย NonBeacon (w/Coordinator) เท่านั้น การก่อตั้งของสมาชิกนี้จะเป็นประโยชน์ในกรณีที่ต้องการ central unit (Coordinator) เพื่อจะส่งข้อความ หรือเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลาย remote units (End Devices) กำหนดช่องสัญญาณหรือ PAN IDs โดยเครือข่าย RF data นี้ ประกอบด้วย Coordinator 1 จุดและ End Devices 1 จุดหรือมากกว่า 1 จาก PAN โดยแต่ละอุปกรณ์ใน PAN จะมี PAN Identifier (พารามิเตอร์ ID (PAN ID)) PAN IDs จะต้องเป็นแบบหนึ่งเดียว เพื่อป้องกันการล้มเหลวในการส่งระหว่าง PANs ในส่วนของ Coordinator PAN ID จะตั้งค่าโดยใช้คำสั่งสำหรับ ID (PAN ID) และ A2 (Coordinator Association) End Device สามารถเข้าร่วมกับ Coordinator โดยไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องรู้ address PAN ID หรือช่องสัญญาณของ Coordinator พารามิเตอร์ A1 (End Device Association) ใช้กำหนดความยืดหยุ่นให้กับ End Device ใน ระหว่างการเข้าร่วม

4.1.1.4 Coordinator / End Device Setup and Operation

การตั้งค่าโมดูลให้ทำงานเป็น Coordinator ทำได้โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ CE (Coordinator Enable) เป็น "1" จากนั้นตั้งค่าพารามิเตอร์ CE ของ End Devices เป็น "0" (default)

4.1.1.5 NonBeacon (w/Coordinator) Systems

ในระบบ NonBeacon (w/Coordinator) Coordinator สามารถตั้งค่าได้ว่าจะให้ทำการส่งข้อมูลแบบ direct หรือ indirect transmissions ถ้าพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) ถูกตั้งค่าเป็น "0" Coordinator จะทำการส่งข้อมูลโดยทันที ในทางตรงข้าม พารามิเตอร์ SP จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ Coordinator จะยังคงค้างข้อมูลก่อนจะทำการทิ้งไป โดยทั่วไปพารามิเตอร์ SP (Cyclic Sleep Period) และ ST (Time before Sleep) ควรตั้งค่าให้สอดคล้องกับการตั้งค่า SP และ ST ของ End Devices

4.1.1.6 Coordinator Power-up

1. Check A2 parameter-Reassign_PANID Flag

ตั้งค่าบิต 0=1 Coordinator ทำการ Active Scan โดยการทำงานของ Active Scan คือ จะเลือก 1 ช่องสัญญาณและทำการสั่งคำสั่ง BeaconRequest เป็น broadcast address (0×FFFF) และ broadcast PAN ID (0×FFFF) ออกไป และรอรับฟังที่ช่องสัญญาณนั้น เพื่อรับบีคอนจาก Coordinator ต่าง ๆ ที่ทำงานบนช่องสัญญาณนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการรอแต่ละช่องสัญญาณกำหนดโดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อหมดเวลาในช่องสัญญาณนั้น Active Scan จะทำการเลือกช่องสัญญาณอื่นและส่งคำสั่ง BeaconRequest อีกครั้ง กระบวนการเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งแสกนครบทุกช่องสัญญาณ หรือจนกระทั่งพบ 5 PANs เมื่อ Active Scan ทำงานเสร็จสมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบด้วยรายการของ PAN IDs และช่องสัญญาณที่ถูกใช้โดย PANs อื่นๆ สำหรับรายการที่ได้มานี้จะใช้ในการกำหนด PAN ID ให้กับ Coordinator ใหม่ ๆ พารามิเตอร์ ID จะถูกเก็บไว้ถ้าไม่พบในผลลัพธ์ของ Active Scan ตั้งค่าบิต 0=0 Coordinator จะทำการเก็บ ID ของมันที่มีการตั้งค่าไว้ และจะไม่มีการใช้งาน Active Scan

2. Check A2 parameter-Reassign_Channel Flag (bit 1)

ตั้งค่าบิต 1=1 Coordinator จะทำ Energy Scan ซึ่ง Energy Scan นี้จะเลือก 1 ช่องสัญญาณ และค้นหาพลังงานที่ช่องสัญญาณนั้น ตลอดเวลาที่ทำการค้นหาจะระบุรายละเอียดได้โดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อทำการค้นหาที่ช่องสัญญาณนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว Energy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Scan จะทำการเลือกช่องสัญญาณถัดไป และเริ่มทำการค้นหาที่ช่องสัญญาณนั้น กระบวนการนี้จะกระทำอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งทุกช่องสัญญาณได้ถูกค้นหาเรียบร้อยแล้ว

เมื่อทำการ Energy Scan เสร็จแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้รวมถึงค่าพลังงานที่มากที่สุดที่ตรวจพบในแต่ละช่องสัญญาณค่าพลังงานที่ได้นี้จะนำไปใช้หาช่องสัญญาณที่มีค่าพลังงานน้อยที่สุด ถ้า Active Scan ถูกปฏิบัติแล้ว (Reassign_PANID Flag set) จะเลือกใช้สัญญาณที่ถูกตรวจพบ PANs ดังนั้น ผลลัพธ์ของการทำ Energy Scan และ Active Scan นำมาใช้หาช่องสัญญาณที่ดีที่สุด (สัญญาณที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดและยังไม่ถูกใช้งาน) เมื่อช่องสัญญาณที่ดีที่สุดได้ถูกเลือกแล้ว ค่าพารามิเตอร์ CH (Channel) จะเปลี่ยนไปตามสัญญาณนั้น

ตั้งค่าบิต 1=0 Coordinator จะรักษา CH ที่เราตั้งค่าไว้ เพราะฉะนั้น Energy Scan จะไม่ทำงาน

3. Start Coordinator Coordinator เริ่มทำงานที่ channel (CH parameter) และ PAN ID (ID parameter) ที่ได้ถูกเลือกไว้

Note ช่องสัญญาณและ PAN ID อาจเลือกจากขั้นตอนที่ 1 และ/หรือ 2 ตามข้างบน Coordinator จะอนุญาตให้ End Devices เข้าร่วมกับ Coordinator ถ้าตั้งค่าพารามิเตอร์ A2 เป็น flag "AllowAssociation" เมื่อ Coordinator เริ่มทำงานแล้ว LED จะกระพริบ 1 ครั้งต่อวินาที (LED ไม่กระพริบ ถ้า Coordinator ไม่ทำงาน)

4. Coordinator Modifications เมื่อ Coordinator เริ่มทำงานแล้ว การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ A2 (Reassign_Channel or Reassign_PANID bits) ID, CH หรือ MY เป็นสาเหตุของการตั้งค่า MACของ Coordinator (The Coordinator RF module(รวมถึง volatile RAM) จะไม่ถูก reset) ใหม่ การเปลี่ยนแปลง A2 AllowAssociation จะไม่ตั้งค่า MAC ของ Coordinatorใหม่ในระบบ non-beaconing End Devices ที่เข้าร่วมกับ Coordinator จะทราบค่าใหม่ ๆ ที่ตั้งให้กับ Coordinator ดังนั้น ถ้า Coordinator เปลี่ยนค่า ID, CH หรือ MY End Devices จะสามารถติดต่อกับ non-beacon Coordinator ได้ไม่นานนัก เพราะฉะนั้น เมื่อ Coordinator ได้เริ่มทำงานแล้วค่า ID, CH MY หรือ A2 (Reassign_Channel or Reassign_PANID bits) จึงไม่ควรถูกเปลี่ยนแปลง

4.1.1.7 End Device Power-up

End Device จะสามารถ Power-up ได้ ขึ้นอยู่กับคำสั่งใน A1 เมื่อ Power-up End Device จะทำตามคำสั่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. Check A1 parameter-AutoAssociate Bit

ตั้งค่าบิต 2=1 End Device จะพยายามเข้าร่วมกับ Coordinator ตั้งค่าบิต2=0 End Device จะไม่เข้าร่วมกับ Coordinator โดยที่ End Device จะทำงานตามค่าพารามิเตอร์ ID, CH และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MY ที่ได้กำหนดไว้ เมื่อสามารถทำการเข้าร่วมได้สำเร็จ LED จะกระพริบ 5 ครั้งต่อวินาที เมื่อบิต AutoAssociate ไม่ได้ถูกตั้งค่า จะไม่มีการทำงานตามขั้นตอนที่2-3

2.Discover Coordinator (if Auto-Associate Bit Set)

End Device จะทำการ Active Scan ซึ่ง Active Scan นี้เลือก 1 ช่องสัญญาณและส่งต่อคำสั่ง BeaconRequest ไปยัง broadcast address (o×FFFF) และ broadcast PAN ID (o×FFFF) และจะคอยฟังบีคอนที่ช่องสัญญาณนั้น จาก Coordinator ตัวใด ๆ ที่ทำงานอยู่ในช่องสัญญาณนั้น เวลาที่ใช้ในการฟังแต่ละช่องสัญญาณขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ SD เมื่อเวลาที่ช่องสัญญาณนั้นหมดแล้ว Active Scan จะทำการเลือกช่องสัญญาณอื่น ๆ และ ทำการส่งคำสั่ง BeaconRequest เหมือนเดิมอีกครั้ง กระบวนการนี้จะทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งทุกช่องสัญญาณได้ถูกค้นหาเรียบร้อยแล้ว หรือจนกระทั่ง 5 PANs ได้ถูกค้นพบ เมื่อ Active Scan เรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้รวมถึงรายการของ PAN IDs และช่องสัญญาณจะถูกนำมาใช้ตรวจหา PANs End Device จะเลือก Coordinator ที่จะเข้าร่วม ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ A1 "Reassign_PANID" และ "Reassign_Channel" flages: Reassign_PANID Bit Set (บิต 0=1) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN ที่มีค่า ID ใด ๆ ได้ Reassign_Channel Bit Set (บิต 1=1) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN ที่มีค่า CH ใด ๆ ได้ Reassign_Channel Bit Not Set (บิต 1=0) End Device จะสามารถเข้าร่วมใน PAN เฉพาะที่มีค่า CH ตรงกับค่า CH ของ End Device

หลังจากใช้การกำหนดบิตต่าง ๆ กับ Coordinator ที่ค้นพบแล้ว ถ้ามีหลาย PANs ปรากฏขึ้น End Device จะเลือก PAN ที่มีคุณภาพในการส่งผ่านข้อมูลได้ดีที่สุด ถ้าไม่มีการค้นพบ Coordinator End Device จะ sleep (ตามที่กำหนดใน SM (Sleep Mode) parameter) หรือทำการเข้าร่วมอีกครั้ง

<u>Note</u> End Device จะไม่เข้าร่วมกับ Coordinate ถ้า Coordinate ไม่อนุญาตให้เข้าร่วม (A2-AllowAssociation) หรือกรณีที่ Coordinate ใช้รูปแบบ non-beacon ไม่เหมือนกับ End Device

3.Associate to Valid Coordinator เมื่อค้นพบ Coordinate แล้ว End Device จะส่งข้อความ AssociationRequest ไปยัง Coordinate จากนั้นจะคอย AssociationConfirmation ที่จะส่งมาจาก Coordinator เมื่อได้รับ Association Confirmation แล้ว End Device จะสามารถเข้าร่วมได้แล้ว LED จะกระพริบ 2 ครั้งต่อวินาที LED จะไม่กระพริบ ถ้า End Device ไม่สามารถ เข้าร่วมได้

4. End Device Changes once an End Device has associated การเปลี่ยนพารามิเตอร์ A1 ID หรือ CH จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ End Device ไม่สามารถเข้าร่วมได้ ถ้า End Device ไม่สามารถเข้าร่วมได้ คำสั่ง A1 จะแสดงสาเหตุของการล้มเหลวให้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

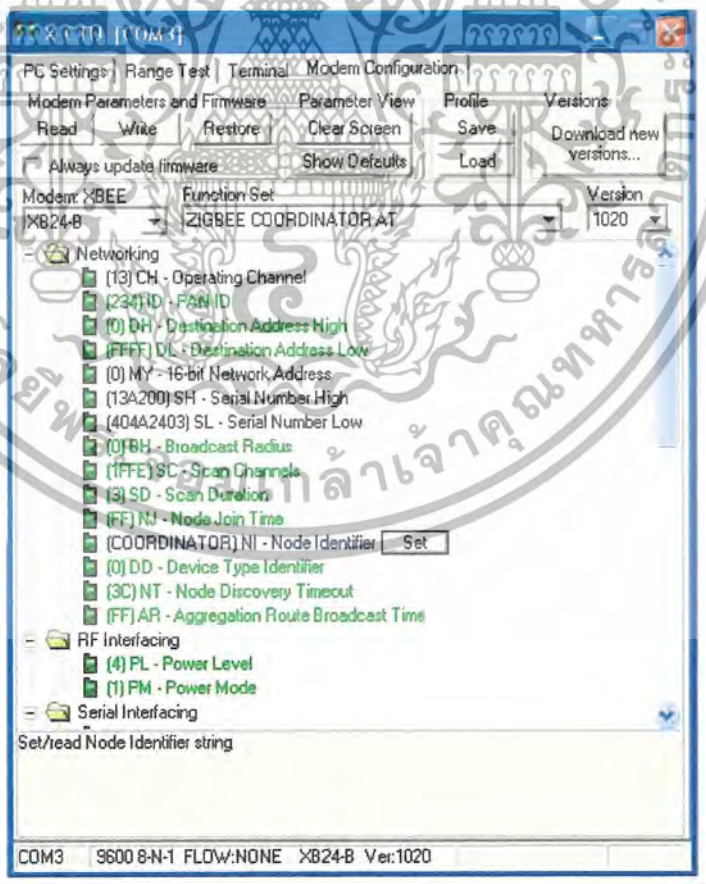
4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการทดลองสร้างเครือข่ายไร้สาย

4.2.1. การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับ Coordinator

สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆให้ชุดอุปกรณ์ภาครับ ที่ทำงานเป็น Coordinator พารามิเตอร์สำคัญที่ต้องกำหนดค่ามีดังนี้

- CH (channel) = 13 เนื่องจากต้องการระบุให้ใช้ช่องสัญญาณ 13 เหมือนกันหมดทั้งเครือข่าย
- ID(PAN ID) = 234 พารามิเตอร์นี้จะต้องเป็นหนึ่งเดียวไม่ซ้ำกัน และในเครือข่ายเดียวกัน PAN ID จะต้องเหมือนกัน
- DH,DL (Destination Address High-Low) = 0,FFFF ตามลำดับ
- MY(16-bit Network Address) = CDFE พารามิเตอร์นี้เป็น Address แบบ 16-bit
- SH, SL (Serial Number High-Low) = 13A200, 404A2403 ตามลำดับ
- NI (Node Identifier) = COORDINATOR เป็นการกำหนดให้ทำงานในโหมด Coordinator

โดยหน้าต่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เป็น Coordinator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

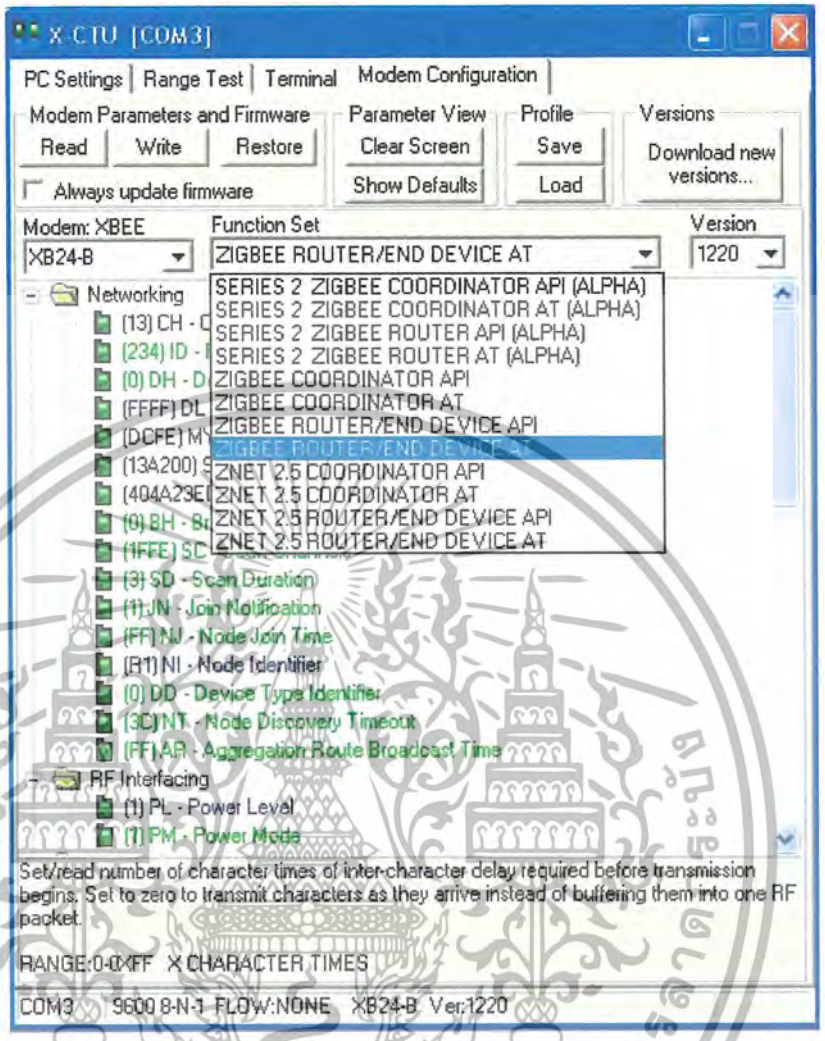
4.2.2. การกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับ End Device

สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้ชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่ทำงานเป็น End Device และ Main Office พารามิเตอร์สำคัญที่ต้องกำหนดค่ามีดังนี้

- CH (channel) = 13 เนื่องจากต้องการระบุให้ใช้ช่องสัญญาณ C เหมือนกันหมดทั้งเครือข่าย
- ID(PAN ID) = 234 พารามิเตอร์นี้จะต้องเป็นหนึ่งเดียวไม่ซ้ำกัน และในเครือข่ายเดียวกัน PAN ID จะต้อง เหมือนกัน
- DH,DL (Destination Address High-Low) = 0,FFFF ตามลำดับ
- MY(16-bit Network Address) = CDFE พารามิเตอร์นี้เป็น Address แบบ 16-bit
- SH, SL (Serial Number High-Low) = 13A200, 404A23ED ตามลำดับ
- NI (Node Identifier) = R1 เป็นการกำหนดให้ทำงานในโหมด END DEVICE

โดยหน้าต่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็นดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เป็น End Device

เมื่อสามารถสร้างเครือข่ายได้แล้ว เราสามารถนำเครือข่ายนี้ไปใช้งานได้ตามต้องการ ซึ่งโครงงานนี้ใช้เครือข่ายที่สร้างขึ้นรับข้อมูลที่จาก End Device ต่าง ๆ

4.3 การรับส่งข้อมูลภายในเครือข่าย

โครงงานนี้เป็นการสร้างโครงข่ายไร้สาย โดยการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆในหัวข้อ 4.1 จากนั้นทดลองรับส่งข้อมูล คือ ทดลองส่งข้อมูลจาก End Device ไปยัง Main Office โดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ทดลองส่งข้อมูลจาก End Device มายัง Main Office

การส่งข้อมูลจาก End Device ไปยัง Main Office คือ การที่ End Device ส่งข้อมูลต่างๆให้กับ Main Office ทำโดยการเขียนโปรแกรมลง AVR ATmaga128 ในที่นี้ให้ส่งรหัสหมายเลขรถประจำทาง มายัง Main Office ทุกๆ 20 วินาที

1. ทำการเชื่อมต่อ โมดูล XBee Series 2 ที่กำหนดให้ทำหน้าที่เป็น COORDINATOR ลงบนบอร์ดรับข้อมูล ในที่นี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 พร้อมจ่ายไฟ 12 โวลต์ ต่อ พอร์ต RS-232 กับสาย RS-232 เข้ากับ พอร์ต บอร์ดเครื่องเล่น MP3 ดังรูป

รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลและสั่งงานบอร์ด mp3

โดยตัวรับจะทำหน้าที่รับข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เขียนไว้ในโปรแกรม พร้อมกับเปรียบเทียบกับค่าความแรงของสัญญาณว่าตรงกับที่ทำการตั้งไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ทำการเชื่อมต่อ โมดูล XBee Series 2 ที่กำหนดให้ทำหน้าที่เป็น END DEVICE ลงบนบอร์ดส่งข้อมูลที่ทำการติดตั้งบนรถบังคับ เปิดสวิตซ์จ่ายไฟให้วงจร ดังรูป

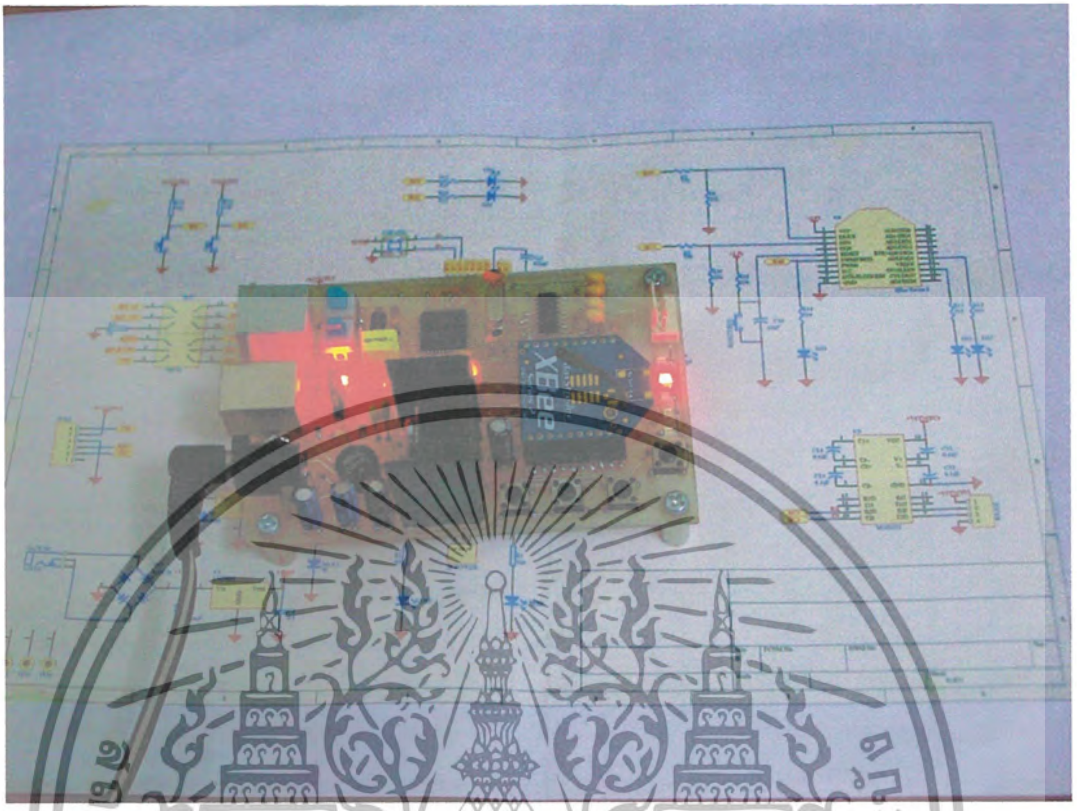
รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูล

3. ที่ภาคส่ง จากการที่เราโปรแกรมข้อมูลไว้ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM ATmega128 และติดตังภาคส่งบนรถบังคับ โดยเขียนโปรแกรมไว้ให้ส่งหมายเลขรถ ทุกๆ 20 วินาที

4.ที่ภาครับ จะทำหน้าที่รอรับข้อมูลที่จะส่งมาจากภาคส่ง

4.1 เมื่อยังไม่มีการรับข้อมูลมาจากภาคส่ง LED D3 ซึ่งทำหน้าที่แสดงว่าโมดูล XBee ทำงานเป็นปกติจะสลับติดดับ และ LED D4, D5, D6 ซึ่งทำหน้าที่บ่งบอกว่ามีการรับส่งข้อมูล และแสดงสถานะความแรงของสัญญาณ จะยังดับอยู่ดังรูป

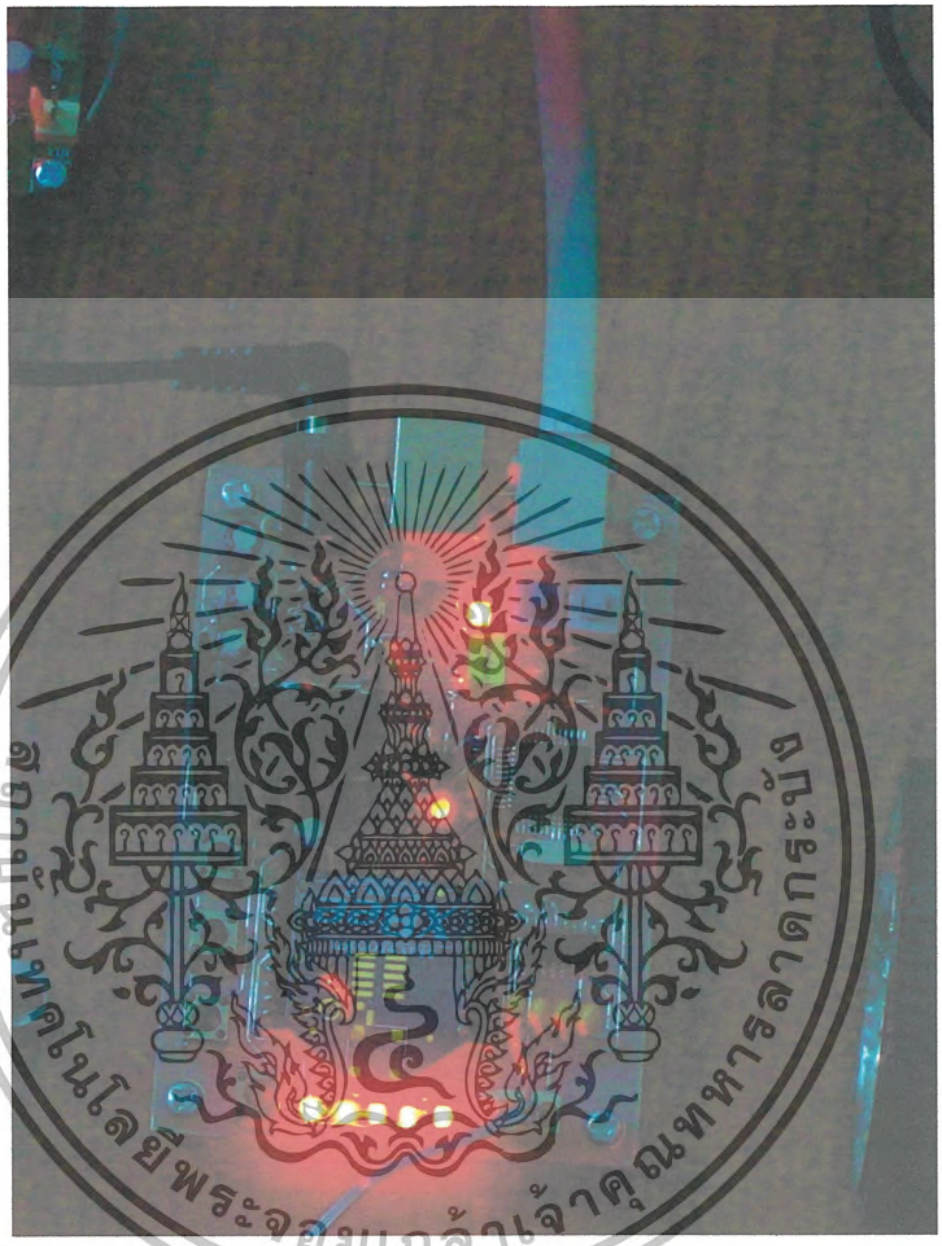
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาครับเมื่อยังไม่มีการรับส่งข้อมูล

4.2 เมื่อมีการรับข้อมูลมาจากภาคส่ง LED D3 ซึ่งทำหน้าที่แสดงว่าโมดูล XBee ทำงานเป็นปกติจะสลับติดดับ และ LED D4, D5, D6 ซึ่งทำหน้าที่บ่งบอกว่ามีการรับส่งข้อมูล และแสดงสถานะความแรงของสัญญาณ จะติดสว่างดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ภาครับเมื่อมีการรับส่งข้อมูล

5. ที่ Main Office เมื่อภาคส่งมาถึงจุดที่เราต้องการให้ส่งข้อมูลแล้ว ภาครับรับข้อมูลอย่างครบถ้วนแล้วส่งข้อมูลที่รับได้มายัง Main Office โดยเราจะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เป็นตัวรับคำสั่งข้อมูล และจะทำการสั่งให้เครื่องเล่น mp3 เล่นไฟล์เสียงตามที่เราได้สั่งงานเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 อุปกรณ์ที่ใช้งานทั้งหมด

จากการทดลองถือว่าเราได้สร้างโครงข่ายที่สมบูรณ์ โดยเราได้สร้างตัวรับและตัวส่งที่สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ผ่านโครงข่ายไร้สาย

จากการทดลอง ถือว่าเราได้สร้างโครงข่ายที่สมบูรณ์ โดยนำข้อมูลที่ทำการรับมาจากตัวส่งมาแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของเสียง ซึ่งการทำงานของระบบเป็นไปตามที่เราต้องการ เมื่อตัวส่ง ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขรถมา ตัวรับจะทำการรับข้อมูลแล้วบอกหมายเลขรถประจำทาง ต้นทางปลายทาง เพื่อให้ผู้บกพร่องทางสายตารับรู้ว่ารถจะเดินทางมาถึงเพื่อทำการเตรียมตัว ก่อนที่รถจะมาถึง

ปัญหาที่พบในระหว่างการทดลอง เนื่องจากที่ตัวส่งใช้ไฟจากแบตเตอร์รี่บางครั้งอาจทำให้การส่งข้อมูลมีความผิดพลาดข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลขยะ

แนวทางแก้ไข ต้องทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มอยู่เสมอเพราะมีผลต่อการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ในการส่งข้อมูลเลขทะเบียนรถประจำทางระหว่างภาคส่งสัญญาณกับภาครับสัญญาณเพื่อบอกหมายเลขรถประจำทางด้วยเสียงได้ถูกต้อง
2. สามารถใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมในการส่งข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลที่ภาครับได้รับข้อมูลมาว่าถูกต้องหรือไม่

5.2 แนวทางในการพัฒนา

1. เป็นแบบจำลองในการนำไปใช้เป็นแนวทางพัฒนาเพื่อช่วยเหลือสังคมต่อไป
2. ทำการเพิ่มเติมในส่วนโปรแกรมควบคุมให้สามารถคำนวณประมาณระยะทางคร่าว ๆ เพื่อที่จะได้ทำการส่งข้อมูลได้เที่ยวตรงมากขึ้น
3. ทำการปรับปรุงเสาอากาศโดยปรับเปลี่ยนเสาอากาศจากแบบ Omni เป็นแบบ Direct เพื่อให้สัญญาณกระจายไปทางเดียวและเพื่อป้องกันไม่ให้ส่งข้อมูลกลับที่ป้ายรถประจำทางที่ตัวรถประจำทางได้ผ่านมาแล้ว
4. เพิ่มในส่วนแจ้งเตือนบนรถประจำทางเพื่อผู้โดยสารจะได้รู้ว่าถึงป้ายไหนแล้ว

5.3 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงงาน

1. การทำโครงงานต้องอาศัยความรู้หลายด้านทั้งศึกษา โครงข่ายแบบไร้สาย การใช้งานโมดูล Zigbee การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นจึงเสียเวลาในการศึกษาค้นคว้านาน
2. เนื่องจากโมดูล Zigbee มีราคาสูงถ้าเราจะทำการสร้างการทดลองที่รับข้อมูลจากหลายจุดต้องใช้ต้นทุนสูง
3. จากวงจรเชื่อมต่อ RS-232 จะต้องใช้ IC MAX 3222 ซึ่ง IC ดังกล่าวหาซื้อได้ยากในตลาด
4. เนื่องจากที่ตัวส่งใช้ไฟจากแบตเตอร์รี่บางครั้งอาจทำให้การส่งข้อมูลมีความผิดพลาดข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แนวทางแก้ไข

1. ค้นหาแหล่งข้อมูล จากอินเตอร์เน็ต และ หนังสือ ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่เป็น ภาษาอังกฤษ แต่ก็เพียงพอต่อการที่เราจะศึกษาค้นคว้า
2. เนื่องจากโมดูล Zigbee มีราคาสูงถ้าเราต้องทำการสร้างโครงข่ายแบบจำลองโดยเขียนโปรแกรมให้ภาคส่ง ส่งข้อมูลจำนวนหลายชุดเพื่อทำการทดสอบการส่งข้อมูล
3. เนื่องจากวงจรเชื่อมต่อ RS-232 จำเป็นต้องใช้ IC MAX 3222 ในการใช้งานซึ่งในปัจจุบันหาซื้อได้ยากมากจึงต้องใช้ IC MAX 232 มาทดแทนซึ่งก็สามารถทำงานได้เหมือนกัน
4. ต้องทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มอยู่เสมอเพราะมีผลต่อการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ZIGBEE technical documents at http://www.zigbee.org/

[2] ZIGBEE technical documents at http://www.digi.com/

[3] ATMEGA128 Datasheet, downloadable at http://www.atmel.com/

[4] PIC 18F4550 Datasheet at http://www.datasheetsite.com/datasheet/PIC18F4550

[5] MAX232 Datasheet at http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/max232.pdf

[6] PIC C Compiler Manual at http://www.ccsinfo.com/downloads.php

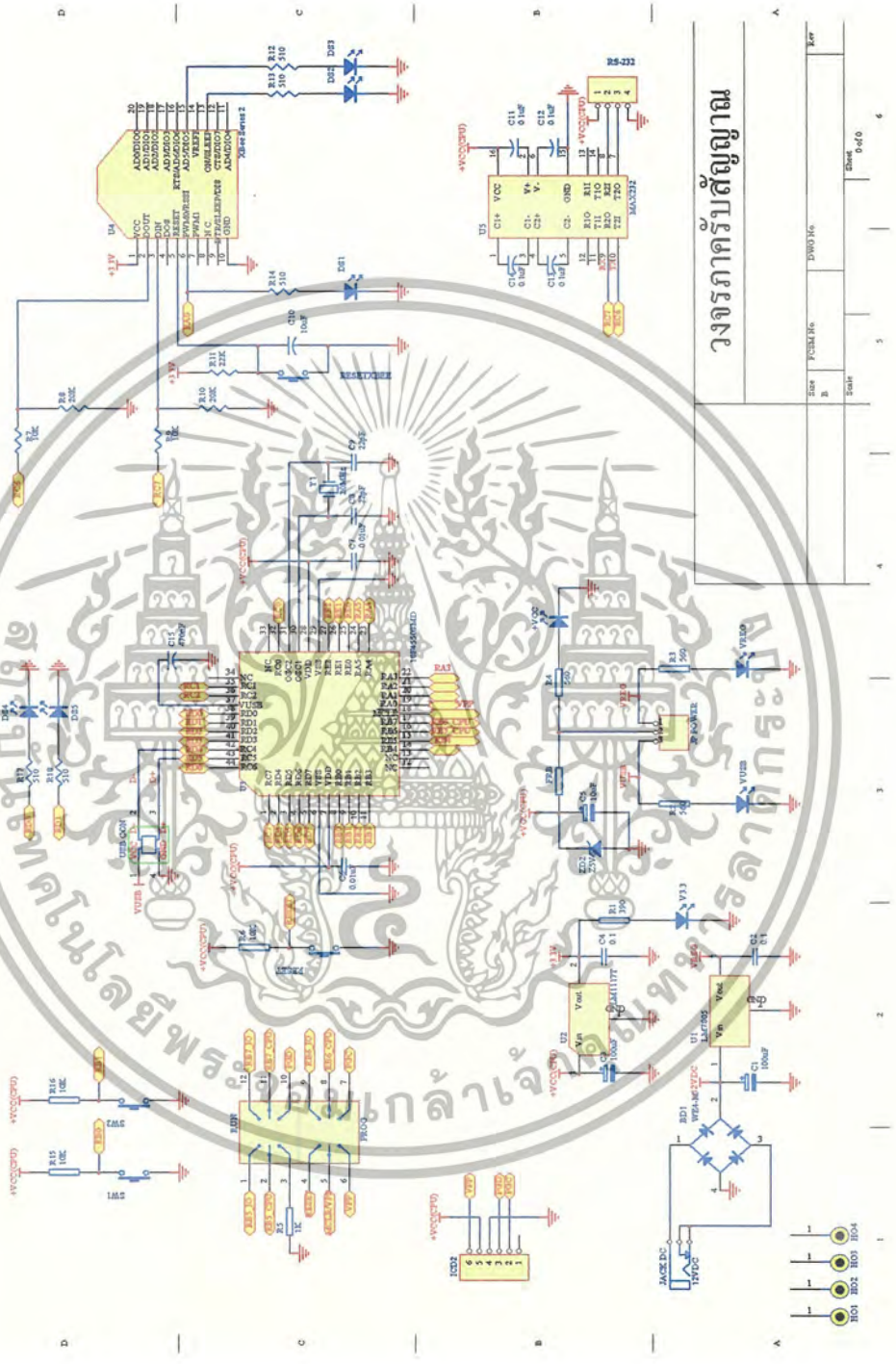
[7] ประจิน พลังสันติกล. 2549. การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ด้วยภาษา C กับ WinAVR (C Compiler). กรุงเทพฯ : บริษัท แอพซอฟต์เทค จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

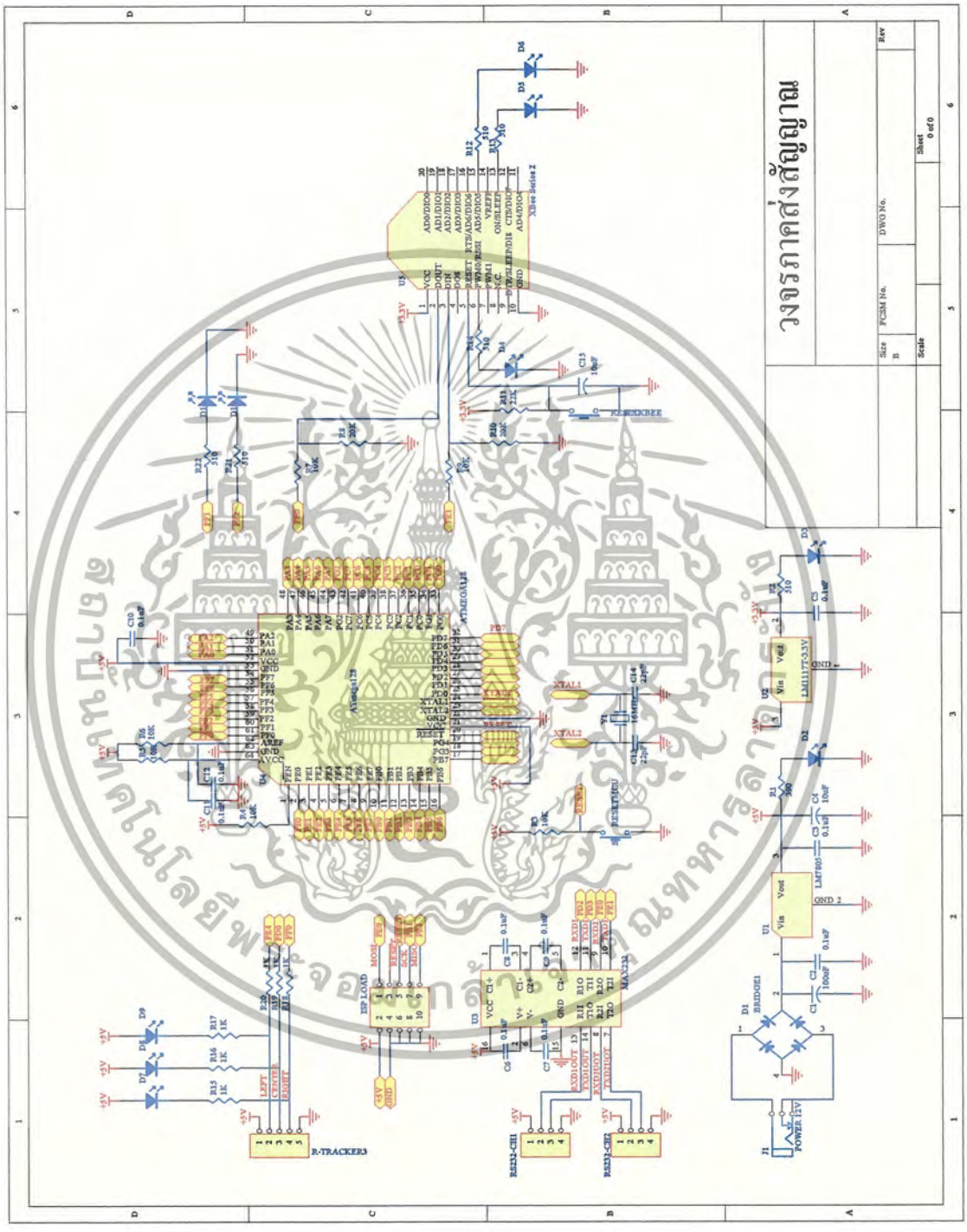
วงจรและลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



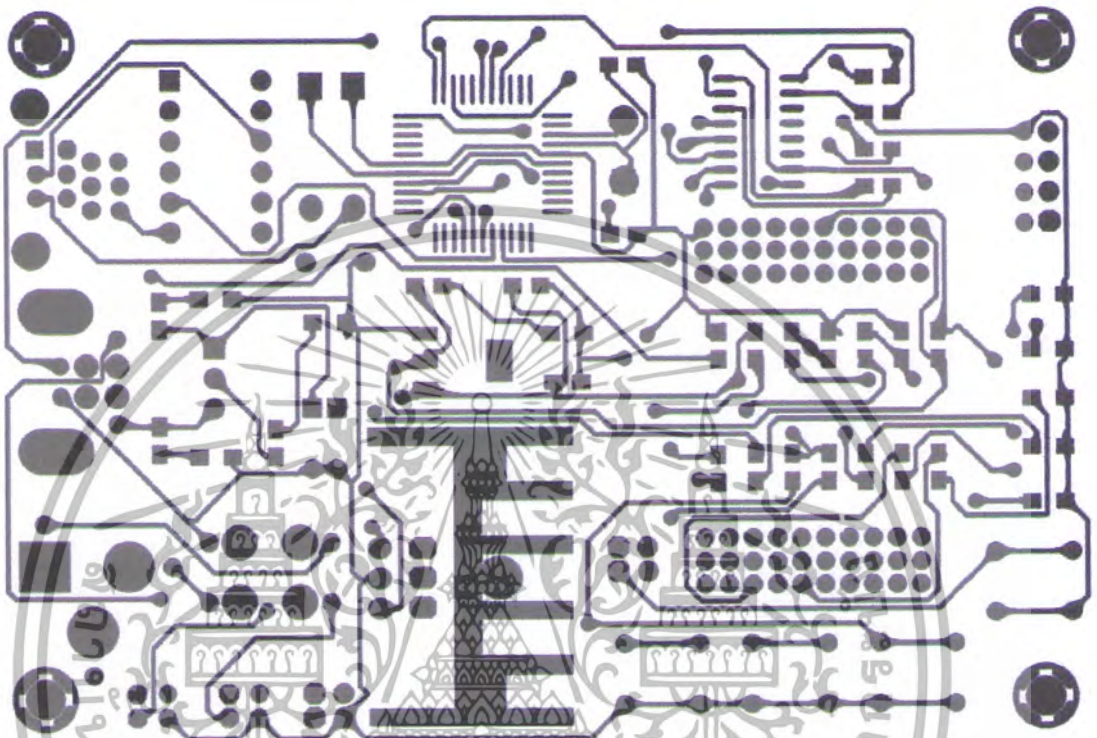
รูปที่ ก.1 วงจรภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



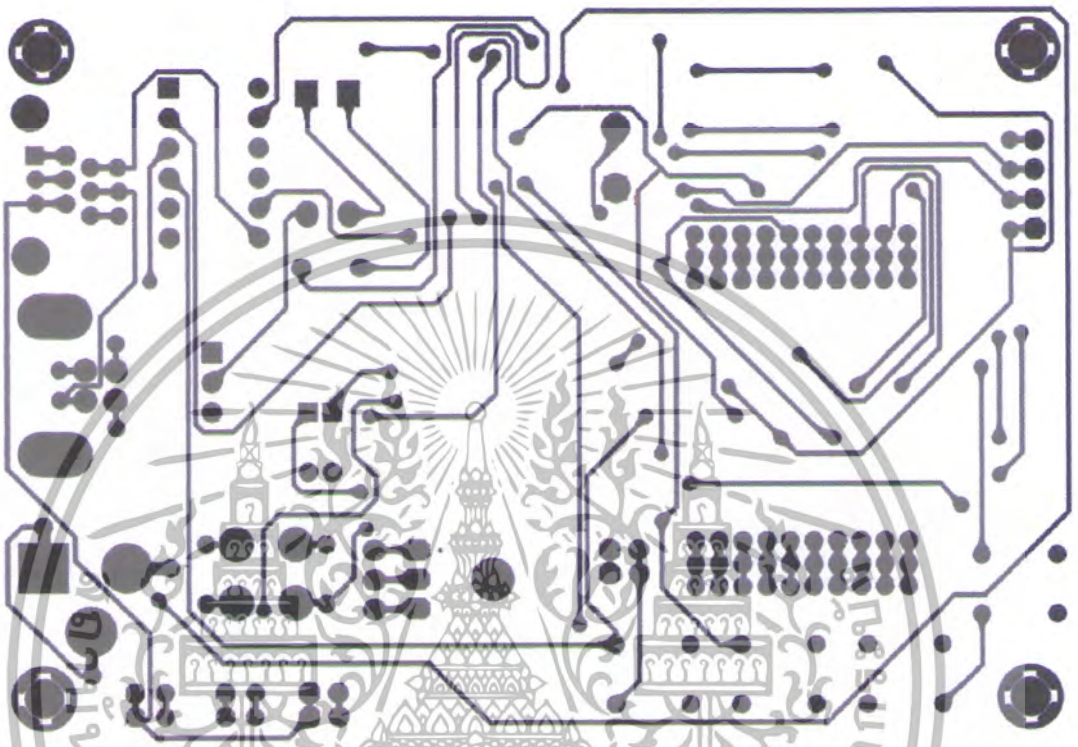
รูปที่ ก.2 วงจรภาคส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



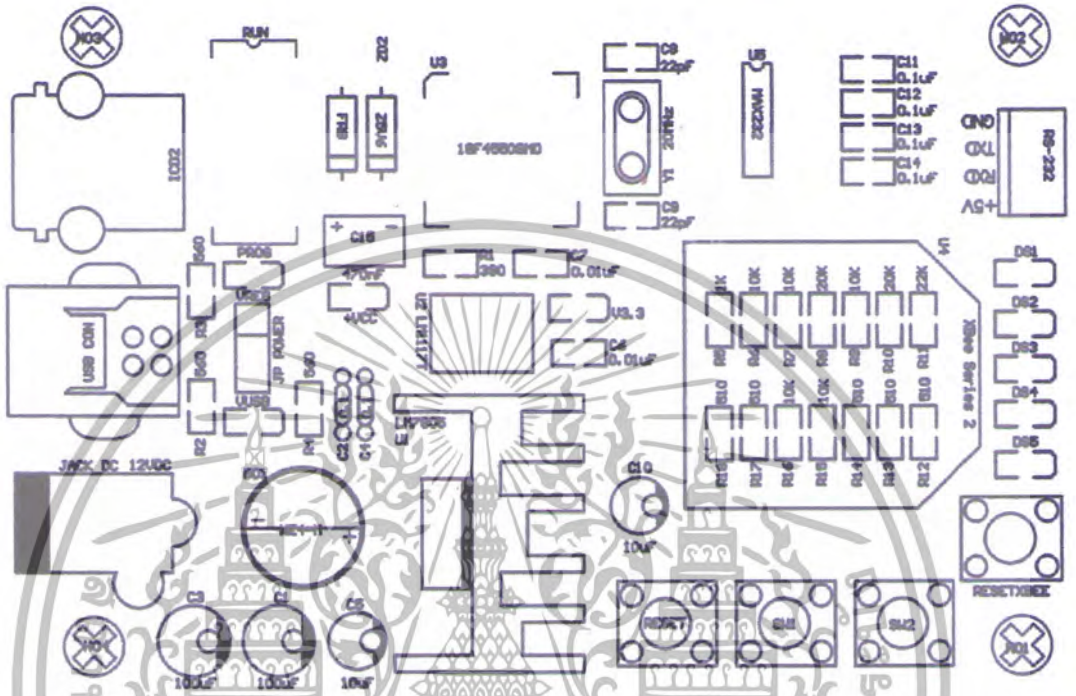
รูปที่ ค.3 ลายวงจรภาครับสัญญาณด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



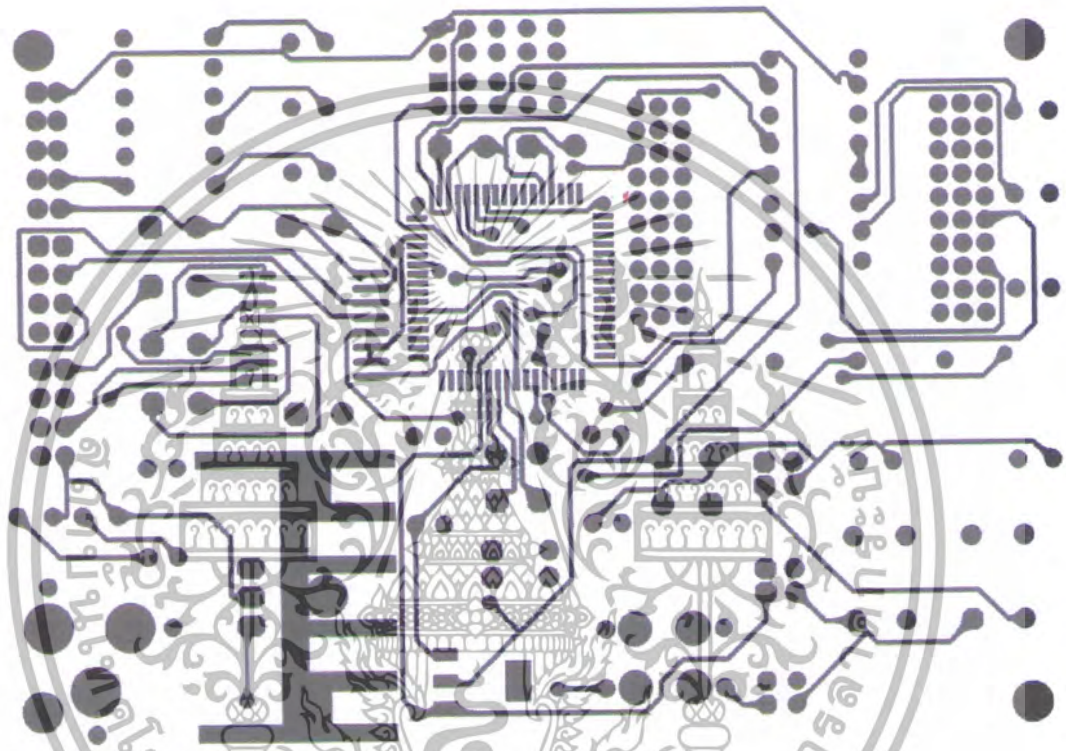
รูปที่ ค.4 ลายวงจรภาครับสัญญาณด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



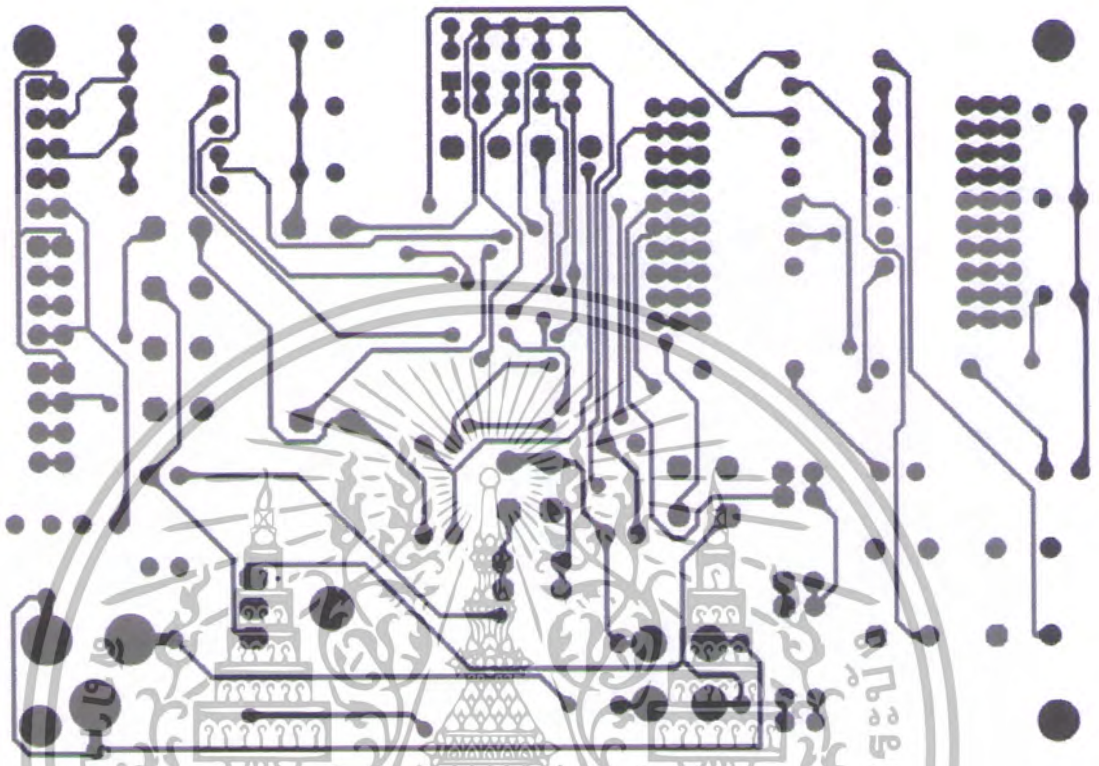
รูปที่ ก.5 ตำแหน่งวางอุปกรณ์ภาครับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



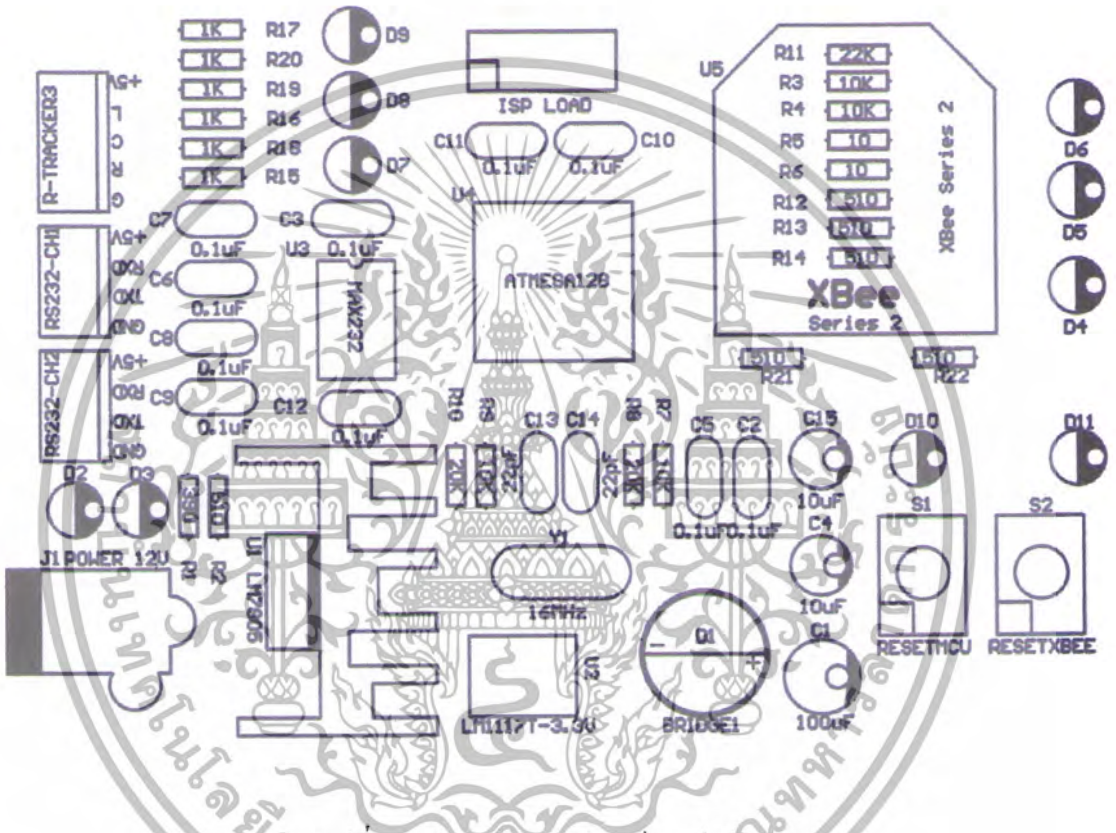
รูปที่ ก.6 ลายวงจรภาคส่งสัญญาณด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 ลายวงจรภาคส่งสัญญาณด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 ตำแหน่งวางอุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

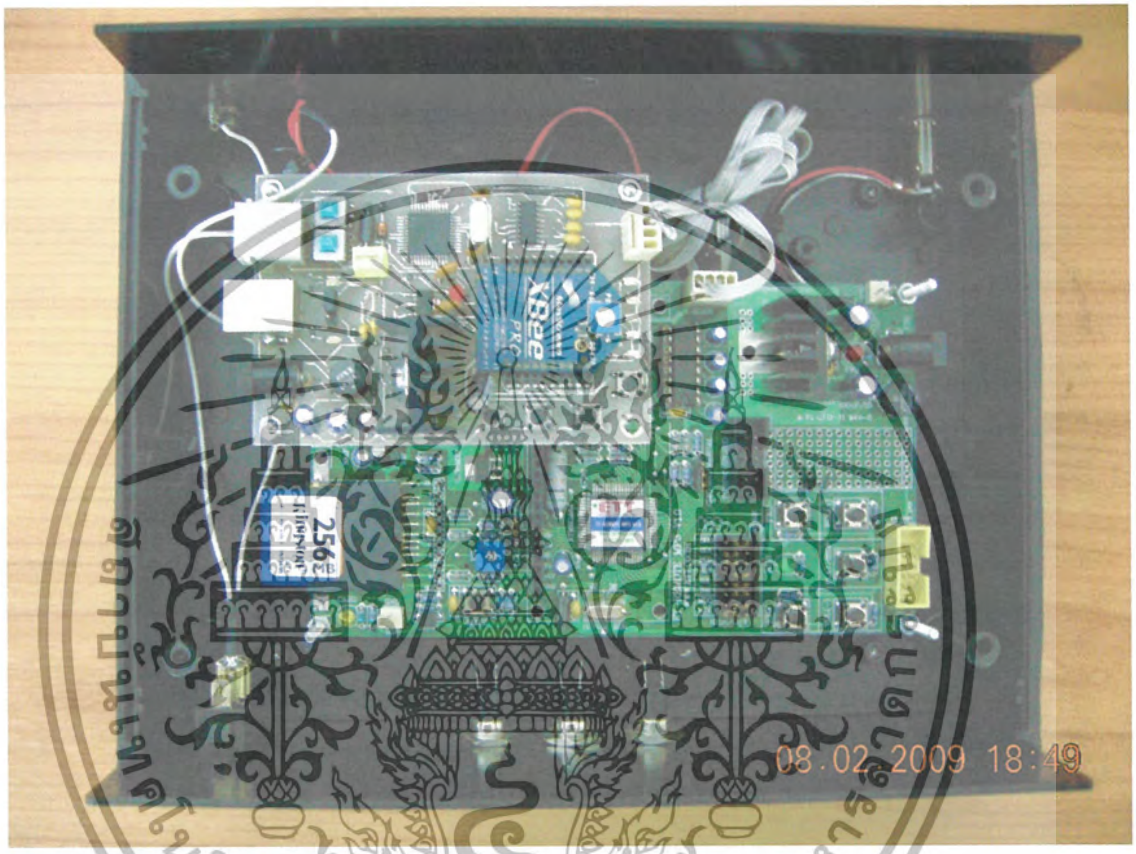
ภาคผนวก ข

เครื่องรับส่งสัญญาณต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.1 เครื่องรับสัญญาณด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

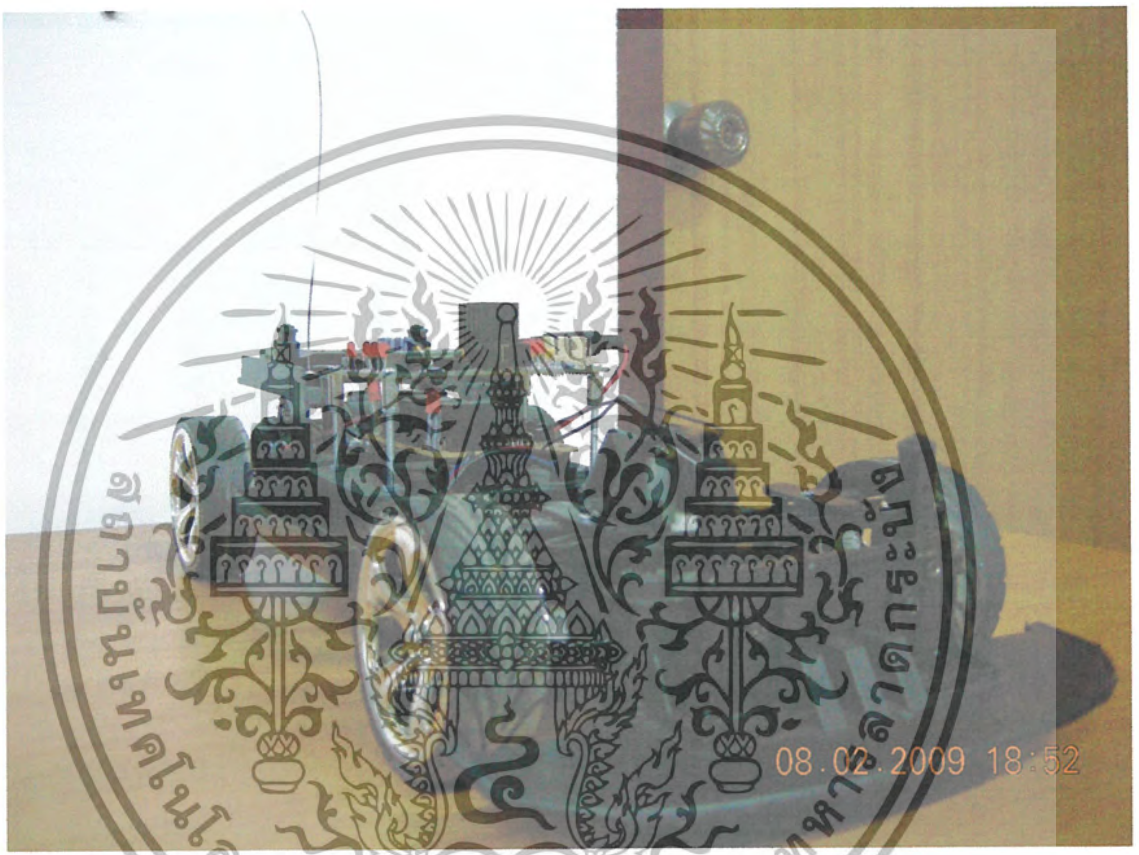


รูปที่ ข.2 เครื่องรับสัญญาณด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

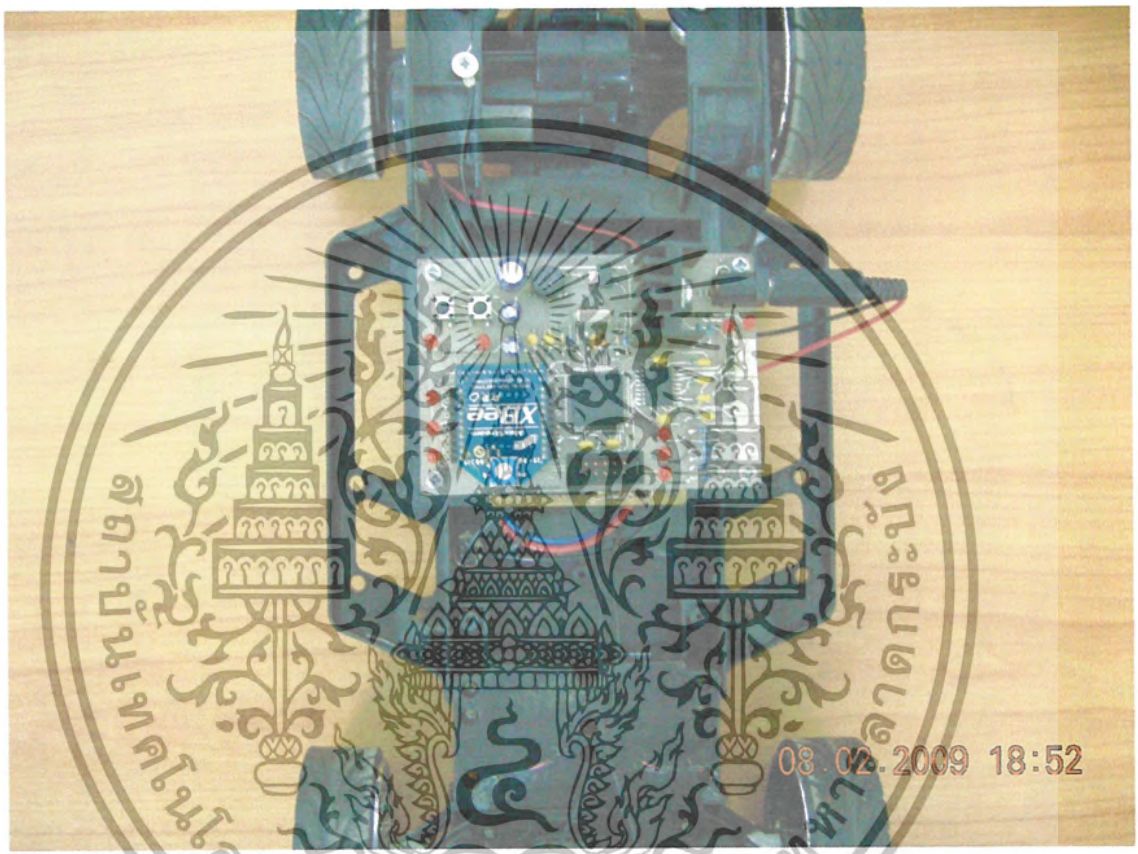
รูปที่ ข.3 เครื่องรับสัญญาณด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



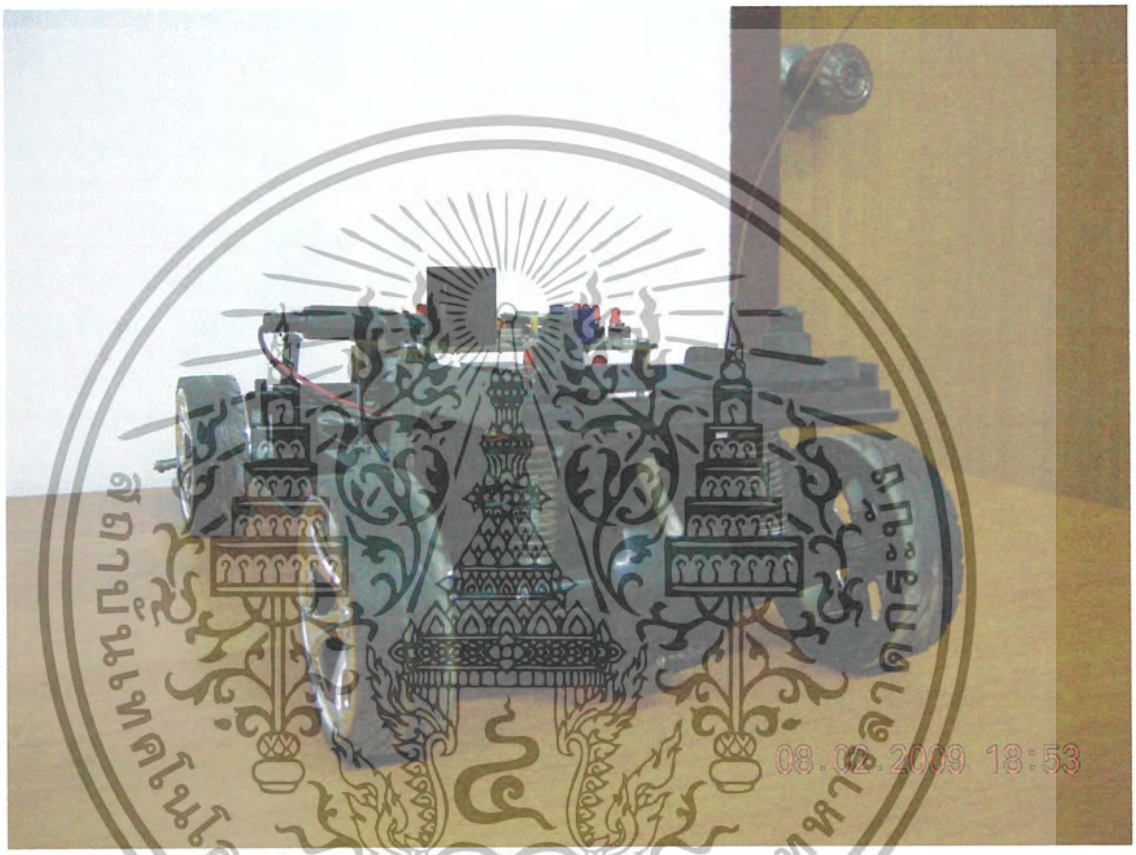
รูปที่ ข.4 เครื่องส่งสัญญาณด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 เครื่องส่งสัญญาณด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 เครื่องส่งสัญญาณด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้