สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้าน

HOME AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

โดย

นางสาว อมรรัตน์ วิวัฒนชาติ
นาย อรรถเดช เกรียงไกร
นางสาว อรวรรณ กาญจนวาส
นางสาว เอมวลี จันทร์เพ็ญ

วพ
ว125
2551

เลขหมู่ 83062
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 5 ก.ค. 2551

.b 11964327
.i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้าน

Home Automatic Control System

ผู้จัดทำ

1. นางสาว อมรรัตน์	วิวัฒนชาติ	47010946
2. นาย อรรถเดช	เกรียงไกร	47010952
3. นางสาว อรวรรณ	กาญจนวาส	47010960
4. นางสาว เอมวลี	จันทร์เพ็ญ	47011017

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

(รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้าน

โดย

นางสาว อมรรัตน์	วิวัฒนชาติ	47010946
นาย อรรถเดช	เกรียงไกร	47010952
นาง สาวอรวรรณ	กาญจนวาส	47010960
นาง สาวเอมวลี	จันทร์เพ็ญ	47011017

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ในโลกปัจจุบันโทรศัพท์มือถือได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตปัจจุบันของมนุษย์มากขึ้น เพราะการสื่อสารเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังที่เราสามารถเห็นได้จากการพกพาโทรศัพท์มือถืออย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยโครงงานนี้ได้นำเสนอระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้านด้วยระบบข้อความสั้น (SMS) ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกสบายและทันสมัยมากยิ่งขึ้น อีกทั้งโทรศัพท์มือถือนั้นยังสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการเตือนภัยในรูปแบบต่างๆได้ เช่น ระบบเตือนภัยในรถยนต์ ระบบเตือนภัยธรรมชาติ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังสามารถที่จะใช้ระบบนี้ในการควบคุมการให้อาหารสัตว์ผ่านระบบนี้ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม ระบบควบคุมอัตโนมัติจะต้องมีการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากสายสัญญาณชำรุด จึงจะต้องเลือกวิธีสื่อสารที่เหมาะสมที่สุดต่อสภาวะแวดล้อมภายในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Home Automatic Control System

By

Miss Amornrat	Wiwattanachart	47010946
Mr. Attadej	Kriangkrai	47010952
Miss Orawan	Kanjanawas	47010960
Miss Aimwaree	Chanpen	47011017

Advisor

Assoc. Prof. Dr. Kiattisak Kumwachara

Academic Year 2007

ABSTRACT

In present, mobile phone is very important for everyone. Because of communication is very important for everyone in social therefore we can see everyone who takes the mobile phone around the world. In this project will present home automatic control system through mobile phone in short message (SMS) which develop your comfort and life style .Aside of warning the other type such that warning vehicle system, natural system and you can apply for take care of any pet. It can be as same as care taker and security. However control system should be connected by signal cable. If signal cable is damaged, it wills error. So we should select the suitable communication for environment at home.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะได้รับการสนับสนุนจากบุคคลหลายท่านโดยทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ อาจารย์ธวัชชัย คำศรี คุณสุรพงศ์ ตรีทิพย์สกุล ที่ให้ความกรุณาแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนให้ความเอาใจใส่ดูแลสอบถามความก้าวหน้าอย่างสม่ำเสมอ พร้อมทั้งคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ด้านต่างๆและให้คำปรึกษาแก่ผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม ที่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานให้ใช้อย่างครบครัน ขอบคุณ พี่ๆธุรการที่ให้ความสะดวกในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของผู้จัดทำ ที่ได้ให้การอุปการะมาอย่างดีเยี่ยม และให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำตลอดเวลา

ผู้จัดทำ

นางสาว อมรรัตน์ วิวัฒนชาติ

นาย อรรถเดช เกรียงไกร

นางสาว อรวรรณ กาญจนวาส

นางสาว เอมวลี จันทร์เพ็ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	3
2.1 รายละเอียดและขอบเขตของโครงงาน	3
2.2 อินพุทที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม	3
2.3 การรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย	5
2.3.1 Wireless Sensor Network	5
2.3.2 IEEE 802.15.4	6
2.3.3 Zigbee	9
2.4 หลักการทำงานโดยรวมของวงจร	10
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	10
2.6 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.7 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	13
2.7.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	14
2.7.2 มาตรฐานอาร์เอส – 232c	14
2.7.3 อุปกรณ์ ดีทีอี และ ดีซีอี	15
2.7.4 การกำหนดขาของ อาร์เอส 232 สำหรับ DB-9	15
2.8 การรับส่งข้อความสั้น (SMS)	17
2.8.1 โหมดการรับส่งข้อมูล	19
2.8.2 การรับข้อความสั้น (SMS) ในพีดียูโหมด	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.9 การส่งข้อความ SMS ในพีดียูโหมด	20
2.10 ไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER)	21
บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบ	24
3.1 หลักการออกแบบ	24
3.1.1 วงจรเซิร์ฟเวอร์(Server)	24
3.1.2 วงจรไคลเอ่นท์(Client)	25
3.2 วงจรที่ใช้ในโครงงาน	26
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
4.1 การทดลองชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือ	29
4.2 การทดลองชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของRF Module	31
บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์	34
5.1 สรุปผลการทดลอง	34
5.2 ปัญหาในการดำเนินการ	34
ภาคผนวก	35
1. โปรแกรมที่ใช้งาน	35
2. การใช้งาน RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001	72
เอกสารอ้างอิง	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว 3

2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเปิดประตูหน้าต่าง 4

2.3 เครื่องตรวจจับควันไฟ 4

2.4 Wireless Sensor Network 5

2.5 IEEE 802.15.4 LR-WPAN star topology 7

2.6 IEEE 802.15.4 peer-to-peer network topology 8

2.7 IEEE 802.15.4 cluster-tree network topology 8

2.8 ZigBee is built on the robust physical and media-access-control layer by IEEE.802.15.4 standard 9

2.9 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 11

2.10 การใช้มาตรฐาน RS-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์ 14

2.11 ตำแหน่งของขา DB-9 16

2.12 ตำแหน่งขาของ DB-25 16

3.1 ภาพรวมของการออกแบบวงจร 25

3.2 วงจรโทรศัพท์มือถือเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 26

3.3 วงจรพาวเวอร์ซัพพลาย 26

3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับ RF Module 27

3.5 รูปแบบการทำงานของวงจร 27

3.6 รูปแบบการทำงานของโปรแกรม 28

4.1 การกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ 29

4.2 คำสั่งที่ใช้ควบคุมโทรศัพท์มือถือ 30

4.3 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 30

4.4 การกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับRF Module 31

4.5 (ก) คำสั่งAT – Command สำหรับ Coordinator 32

(ข) คำสั่งAT – Command สำหรับ End device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 วงจรสมบูรณ์ของโครงงาน 33
4.7 (ก) ผลที่ได้จากการสั่งการทางโทรศัพท์มือถือ 33
(ข) ผลที่ได้จากโทรศัพท์มือถือภาครับถ้ามีการตรวจจับของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25 15

2.2 รหัสตัวอักษรชนิด 16 บิต 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

สังคมในปัจจุบันนี้ ระบบควบคุมอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้เกิดความรวดเร็วและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถป้องกันการบุกรุกในการโจรกรรม

เทคโนโลยีของการสื่อสารในปัจจุบันนั้นได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จนสามารถกล่าวได้ว่าเป็นยุคของการสื่อสารไร้พรมแดน โทรศัพท์มือถือได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตของผู้คนมากขึ้นและด้วยเหตุผลทางด้านราคาต่อหน่วยของเครื่องโทรศัพท์มือถือที่ถูกลง จึงทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเป็นเจ้าของโทรศัพท์มือถือได้ง่ายขึ้น

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับความสะดวกสบายและความปลอดภัย ด้วยระบบการส่งข้อความสั้น (SMS) เพื่อควบคุมโดยตัวเจ้าของบ้าน จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อสังคมในตอนนี้ ดังจะเห็นได้จากการที่มีบริษัทรับติดตั้งระบบควบคุมและรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มจำนวนอย่างต่อเนื่อง

ส่วนประกอบของโครงงานชิ้นนี้มีดังนี้

1. ชุดควบคุมซึ่งใช้ไมโครคอลเลอร์ (Microcontrolller) ของ Atmel เบอร์ AT89C51
2. โทรศัพท์มือถือสำหรับชุดควบคุม (อยู่กับชุดควบคุม Microcontroller)
3. ชุดการสื่อสารแบบไร้สาย
4. โทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการควบคุม (อยู่กับตัวผู้อาศัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เนื้อหาโดยสังเขปของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง เหตุผลที่นำเอาเทคโนโลยีการส่งข้อความสั้น (SMS) บนโทรศัพท์มือถือมาประยุกต์ใช้ในโครงงานนี้

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี กล่าวถึง หลักการ ความรู้ทางทฤษฎีต่างๆที่ใช้การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบ กล่าวถึง การออกแบบขั้นตอนต่างๆ รวมไปถึงการสร้างโครงงานชิ้นนี้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 รายละเอียดและขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้านเพื่อความสะดวกสบายของผู้อยู่อาศัย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของ Atmel เบอร์ AT89C51 เป็นตัวควบคุม และใช้ RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 เป็นตัวสื่อสารแบบไร้สายไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ นอกจากนี้ยังมีระบบเตือนภัยเพื่อแจ้งเตือนเมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาภายในบ้าน

โดยเริ่มจากต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ เซนเซอร์เข้ากับขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วทำการโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักจากนั้นผู้อยู่อาศัยสามารถสั่งการ กับอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยข้อความสั้น (SMS) ผ่านทางโทรศัพท์มือถือ ในทางกลับกันเมื่อเซนเซอร์มีการตรวจจับเซนเซอร์เหล่านั้นจะทำการส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งการแจ้งเตือนข้อความสั้น (SMS) ผ่านทางโทรศัพท์มือถือ

2.2 อินพุทที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม

รูปที่ 2.1 เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR Detector)
จากบริษัท แมกซ์เวลล์ อินทิเกรชั่น จำกัด

เป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟาเรท (Infrared) ในบางรุ่นสามารถตรวจจับได้ไกลถึง 12-15 เมตร และในบางรุ่นมีระบบป้องกันการทำลายอุปกรณ์โดยจะส่งสัญญาณเตือนภัยเมื่อฝาครอบอุปกรณ์ถูกเปิดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของตัวตรวจจับความเคลื่อนไหว นั้นจะเป็นการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า PIR ซึ่งทำมาจากวัสดุประเภท Pyroelectric โดยจะทำการตรวจสอบรังสีอินฟาเรท (Infrared) จากร่างกายสิ่งมีชีวิต

รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ตรวจจับการเปิดประตูหน้าต่าง
จากบริษัท วีคอมเทค จำกัด

อุปกรณ์ติดตั้งที่ประตูหน้าต่าง ป้องกันการบุกรุก โดยจะส่งสัญญาณเตือนภัยเมื่ออุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้นแยกห่างจากกัน (ประตู,หน้าต่าง เปิดออก) บางรุ่นจะเตือนภัยผ่านเครื่องควบคุม และบางรุ่นจะมีเสียงเตือนภัยจากภายในอุปกรณ์

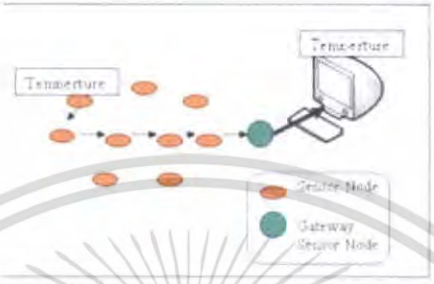
รูปที่ 2.3 เครื่องตรวจจับควันไฟ
จากบริษัท วีคอมเทค จำกัด

ใช้ตรวจจับควันไฟ และส่งสัญญาณเตือนภัยเมื่อมีความหนาแน่นของควันในระดับที่ตั้งค่าไว้ เป็นการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในระยะเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

2.3.1 Wireless Sensor Network



รูปที่ 2.4 Wireless Sensor Network

เครือข่ายเซนเซอร์ เป็นส่วนสำคัญที่นำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม สิ่งก่อสร้าง โรงงาน บ้านเรือน ระบบการติดต่อสื่อสารแบบอัตโนมัติ และอื่นๆ อีกมาก ในกรณีที่สายไฟหรือสายเคเบิลไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ดังนั้น เครือข่ายเซนเซอร์ จึงกลายเป็นที่ต้องการอย่างรวดเร็วอีกทั้งเครือข่ายเซนเซอร์ง่ายต่อการติดตั้งและการบำรุงรักษาอีกด้วย

เครือข่ายเซนเซอร์ มีการตรวจจับข้อมูลอย่างสัมพันธ์กัน การรวบรวมข้อมูล ประเมินและตีราคาข้อมูล การสร้างกฎเกณฑ์ การตัดสินใจและการเตือน ข้อมูลข่าวสารที่ต้องการได้รับมาจากการอยู่แบบกระจายของ WSNs(wireless sensor networks) ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ ตัวแรกไปยังเซนเซอร์ตัวต่อไปที่อยู่ใกล้ๆ

Routing table สำหรับเครือข่ายที่มีการกระจายนั้น มีเพิ่มขึ้นตามโหนด ที่มีมากขึ้น เครือข่าย NxM mesh มี NxM links และมีเส้นทางหลายเส้นทางจากต้นกำเนิดถึงปลายทาง เครือข่ายที่มีโครงสร้างเรียงกันเป็นระดับชั้น ทำให้สามารถหาเส้นทางได้ง่ายขึ้น และเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของกระบวนการแพร่กระจายของสัญญาณและการตัดสินใจ เพราะบางกระบวนการสามารถทำงานให้เสร็จได้ในระดับชั้นนั้นเลย เครือข่ายที่มีการติดต่อกันอย่างสมบูรณ์จะมี NP-hard ที่ซับซ้อน โดยมีการกำหนดเส้นทางอย่างจำกัดให้กับโปรโตคอลที่ใช้งาน และ มีการบรรจุผลลัพธ์ที่ได้กลับเข้าไปใหม่ในเส้นทางเดิมของโทโปโลยีด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการซ้อนทับกันของข้อมูลเกิดขึ้น

ขณะที่โหนด มีมากขึ้น จำนวนลิงค์ ก็เพิ่มขึ้นด้วย จำนวนลิงค์ ที่เพิ่มขึ้นนี้ สร้างมาเพื่อแก้ไขปัญหา NP-complexity ในเส้นทาง และแก้ไขปัญหาที่ไม่สามารถกู้ข้อมูลกลับคืนมาได้ ในการแก้ไขโครงสร้างสามารถใช้วิธีการรวมกลุ่มแบบเป็นระดับชั้น โครงสร้างแบบระดับชั้นนี้ต้องไม่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ ต้องมีโครงสร้างเหมือนเดิมในระดับเดียวกัน โครงสร้างระดับชั้นค่อนข้างเป็นโครงสร้างที่ใช้ทั่วไปใน WSNs และโหนด ต่างๆ จะรวมกันอยู่เป็นกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีหัวหน้า คือ โหนด ที่ได้รับแต่งตั้งขณะรวบรวมกัน ข้อมูลที่ได้จากโหนด จะถูกรวบรวมไว้ที่หัวหน้าของแต่ละกลุ่ม และหัวหน้าจะส่งต่อข้อมูลไปยังสถานีกลางที่เครือข่ายของ ฮอป หลายๆ ฮอป ได้สร้างขึ้นมาจากหัวหน้าของการรวมกลุ่มหลายๆกลุ่มเข้าด้วยกัน

2.3.2 IEEE 802.15.4

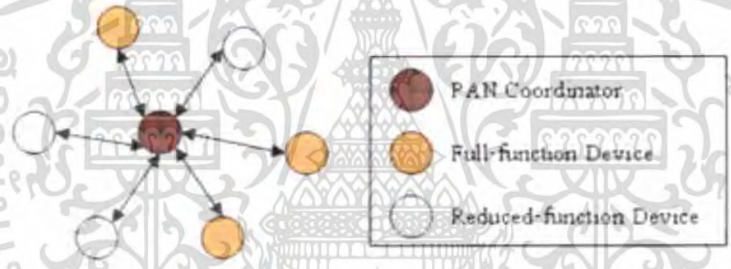
มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับเครือข่ายแบบไร้สายระยะใกล้ความเร็วต่ำหรือ low-rate WPAN (LR-WPAN) โดยมีคุณลักษณะ คือ อัตราการรับ-ส่งข้อมูล ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 250 kbps ใช้กำลังไฟฟ้าน้อย อุปกรณ์มีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์พื้นฐานที่หลากหลายในชีวิตประจำวันและโดยมากการนำมาประยุกต์ใช้ของ WPAN มักจะเกี่ยวข้องกับ Wireless sensor networks(WSNs)

ชั้น Physical Layer มาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการใช้ 3 ความถี่ คือ 868/868.6 MHz ใช้ DSSS โดยอัตราความเร็วของข้อมูล 20 kbps สำหรับความถี่ 902/928 MHz ใช้ DSSS โดยอัตราความเร็วของข้อมูล 40 kbps และความถี่ 2.4 GHz ใช้ DSSS โดยอัตราความเร็วของข้อมูล 250 kbps สำหรับความถี่ 868 MHz จะมี 1 ช่องสัญญาณสื่อสาร 10 ช่องสัญญาณใน 915 MHz และ 16 ช่องสัญญาณ ใน 2.4 GHz โดยย่านความถี่เหล่านี้ไม่ใช่ความถี่สากล โดย 868 MHz ใช้ในยุโรป 915 MHz ใช้ในอเมริกา และ 2.4 GHz ถือว่าเป็นความถี่ที่ใช้กันมากที่สุดในโลกอุปกรณ์แบบ FFD (full-function device) สามารถส่ง beacon frame ก็อาจกลายเป็น PAN coordinator ได้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์แบบ RFDs (Reduced-function device) อาจมีส่วนร่วมในเครือข่ายแบบ Star ได้ ยิ่งกว่านั้น เครือข่ายแบบ Star จะทำงาน independent กับเครือข่ายอื่นๆใน IEEE 802.15.4 FFD อาจจะสร้าง เครือข่าย Star หลังจากทำ Scan channel ถ้า FFD ไม่สามารถตรวจพบการส่ง Beacon frame และเริ่มต้นทำหน้าที่ PAN coordinator โดยการส่ง Beacon frame ที่มี Unique network identifier หรือ ID ทุกอุปกรณ์ที่มีส่วนร่วมอยู่ใน LR-WPANs ต่างใช้ IEEE 64-bit Address ที่ Unique เมื่อมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งเริ่มทำการส่ง Beacon frame อุปกรณ์อื่นก็อาจจะมีการติดต่อเข้าเพื่อขอมีส่วนร่วมโดยส่ง Association message เข้ามาที่ Ad Hoc network

ชั้น MAC Layer มาตรฐาน IEEE 802.15.4 จัดเตรียมการเพื่อรองรับระหว่างสอง wireless network topology เช่น การเชื่อมต่อแบบ Star และ Peer-to-Peer โดยสำหรับการใช้งานในบ้านนั้นจะเป็นแบบ Star และในทางอุตสาหกรรมและธุรกิจจะใช้การเชื่อมต่อแบบ Peer-to-Peer สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

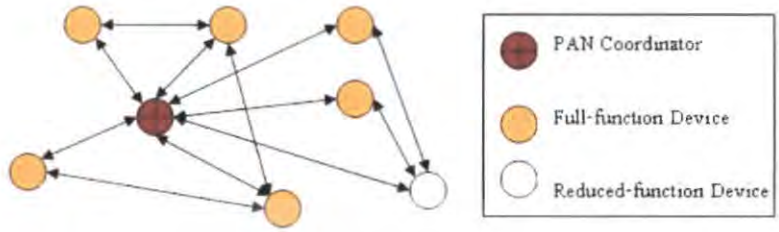
โครงสร้างแบบ Star การเชื่อมต่อภายในเครือข่าย (network) จะถูกควบคุมด้วย PAN coordinator เพียงอันเดียว โดย PAN coordinator นี้จะทำหน้าที่เป็นเหมือนผู้ดูแลเครือข่าย (network master) ทำหน้าที่ Initialize เครือข่าย จัดการโหนด ในเครือข่ายและเก็บข่าวสารของโหนด ในเครือข่าย เพียงอุปกรณ์แบบ FFD(full-function device) สามารถส่ง beacon frame ก็อาจกลายเป็น PAN coordinator ได้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์แบบ RFDs (Reduced-function device) อาจมีส่วนร่วมในเครือข่ายแบบ Star ได้ ยิ่งกว่านั้น เครือข่ายแบบ Star จะทำงานเป็นอิสระกับเครือข่ายอื่นๆใน IEEE 802.15.4 FFD อาจจะสร้าง เครือข่าย Star หลังจากทำ Scan channel ถ้า FFD ไม่สามารถตรวจพบการส่ง Beacon frame และเริ่มต้นทำหน้าที่ PAN coordinator โดยการส่ง Beacon frame ที่มี Unique network identifier หรือ ID ทุกอุปกรณ์ที่มีส่วนร่วมอยู่ใน LR-WPANs ต่างใช้ IEEE 64-bit Address ที่ Unique เมื่อมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งเริ่มทำการส่ง Beacon frame อุปกรณ์อื่นก็อาจจะมีการติดต่อเข้าเพื่อขอมีส่วนร่วมโดยส่ง Association message เข้ามาที่ Ad Hoc network



รูปที่ 2.5 IEEE 802.15.4 LR-WPAN star topology

เครือข่ายแบบ peer-to-peer ซึ่งเป็นการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่ายอุปกรณ์ จะอนุญาตให้อุปกรณ์ FFD ติดต่อกับ FFD อื่นที่อยู่ภายในอาณาเขตของตัวมันเองและส่ง Message ไปยัง FFD ที่อยู่นอกเขตอีกด้วย ซึ่งเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer นี้สามารถทำให้ Ad Hoc wireless network ซับซ้อนขึ้นด้วยการเพิ่มการครอบคลุมพื้นที่เนื่องจาก Multihop และ Mesh network จะกำหนดคุณสมบัติที่อนุญาตในการส่ง Message ส่วน RFDs อาจจะสามารถเข้ามาร่วมในเครือข่าย Peer-to-Peer แต่จะไม่สามารถทำ Relay ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 IEEE 802.15.4 peer-to-peer network topology

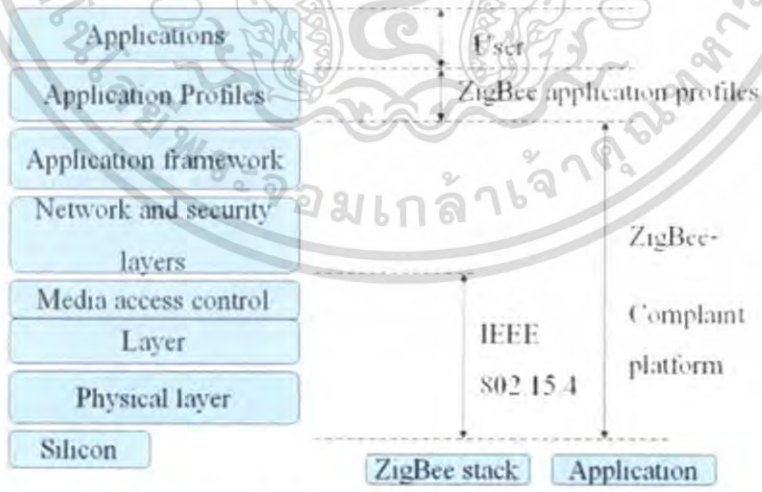
อีกหนึ่งชนิดของเครือข่าย Cluster-tree ซึ่งจะเป็นการรวมกันของแบบ Star และ Mesh เพื่อที่จะได้ประโยชน์จากทั้งสองแบบสามารถรองรับจำนวนของโหนด และสามารถใช้งานจากแบตเตอรี่ได้นาน โดยเครือข่ายชนิดนี้จำนวนของอุปกรณ์เครือข่ายจะอยู่บนหลักการ “cluster heads” โครงสร้างนี้จะจัดหา Path ให้กับอุปกรณ์เครือข่ายชนิดต่างๆและสามารถมีการขยายเครือข่ายออกไปให้กว้างขึ้น ในหลายๆกรณีเครือข่ายแบบ Peer-to-Peer จะเลือกอุปกรณ์ตัวหนึ่งให้ทำหน้าที่ PAN coordinator ระหว่างการสร้าง เครือข่ายแบบ Peer-to-Peer จะต้องมีตรวจสอบแล้วว่าการทำงานต่างๆนั้นรองรับการทำงานและ Service ของอุปกรณ์เครือข่ายทำให้สามารถทำงานได้

รูปที่ 2.7 IEEE 802.15.4 cluster-tree network topology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 Zigbee

เนื่องจากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย)Wireless Sensor Network) เป็นหัวข้อวิจัยที่แพร่หลายเป็นอย่างมาก โดยหัวข้อที่มีการศึกษาล่าสุดก็คือ เช่นเทคโนโลยีมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และ ZigBee ที่มีการนำเทคโนโลยีที่วิจัยในห้องแลบมาประยุกต์สร้างผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยการเชื่อมต่อของ เครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สายจะทำงานบนมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งในชั้น Physical Layer ของมาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการใช้ 3 ความถี่ คือ 2.4 GHz และ 896/915 MHz สำหรับความถี่ 2.4 GHz จะมีช่องสื่อสาร 16 ช่องที่มีอัตราเร็วข้อมูล 250 Kb/s สำหรับความถี่ 896 MHz จะมีช่องสื่อสาร 10 ช่องที่มีอัตราเร็วข้อมูล 40 Kb/s สำหรับความถี่ 915 GHz จะมีช่องสื่อสาร 1 ช่องที่มีอัตราเร็วข้อมูล 20 Kb/s สำหรับชั้น network/security และชั้น application framework จะอยู่บนพื้นฐานของระบบ IEEE 802.15.4 ซึ่งในชั้น Network สามารถรองรับได้ 3 แบบ คือ star, mesh และ Cluster tree และจากคุณสมบัติหลายอย่างได้ได้จากมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ทำให้บริษัท maxstream ได้สร้างอุปกรณ์ ZigBee ซึ่งมีคุณสมบัติคือเด่นต่างๆ เช่น มีขนาดเล็กกะทัดรัด, กินไฟต่ำและสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้การเชื่อมต่อแบบ Serial RS232 ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้งานในเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สายโดยให้รองรับกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 จากที่ Zigbee รองรับโทโปโลยีแบบ Mesh ทำให้ต้องใช้ multiple routing algorithms นั้นทำให้ต้อง algorithmที่ต้องใช้ในการจะให้โหนดแต่ตัวติดต่อกันซึ่งในตัว ZigBee ที่ทางบริษัท maxstream ผลิตขึ้นมีการใช้ AODV protocol อยู่แล้ว



รูปที่ 2.8 ZigBee is built on the robust physical and media-access-control layer by IEEE.802.15.4 standard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการทำงานโดยรวมของวงจร

เริ่มต้นส่วนของภาคจ่ายไฟนั้น เราได้ใช้ IC เบอร์ LM7805 เพื่อทำการแปลงไฟจาก 12 โวลต์ ให้เหลือ 5 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับ Buffer และใช้ IC เบอร์ KIA278R33PI เพื่อทำการแปลงไฟจาก 5 โวลต์ ให้เหลือ 3.3 โวลต์ เพื่อจ่ายไฟให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ RF Module ซึ่งการทำงานจะแบบเป็นสองส่วนคือส่วนแรกเมื่อมีการสั่งการทาง SMS จากโทรศัพท์มือถือ วงจรเซิร์ฟเวอร์ (Server) ที่มีโทรศัพท์มือถือ Siemen C35 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็น GSM Module ส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางสายดาต้าลิงค์แบบ Serial จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนขึ้นแล้วส่งสัญญาณไปยัง RF Module เพื่อส่งสัญญาณไปยัง วงจรไคลเอ่นท์ (Client) ที่มี RF Module เหมือนกันเพื่อรับสัญญาณแล้วส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนขึ้นแล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิด และส่วนที่สองเมื่อเซนเซอร์ ทางวงจรไคลเอ่นท์ (Client) มีการตรวจจับได้ จะส่งสัญญาณในทางกลับกันไปยัง วงจรเซิร์ฟเวอร์ (Server) เพื่อส่งข้อความ (SMS) ไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

Microcontroller AT89C51

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ซีพียูขนาด 18 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์มีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบ 2 ทิศทาง สามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้ สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89xx
- มีวงจรด็อกไทเมอร์ในตัวสำหรับในอนุกรม AT89xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต แต่ละพอร์ตจะมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง

INTERRUPT

คือการขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรมหลักในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อไปทำงานในโปรแกรมย่อยๆ และเมื่อเสร็จการทำงานในโปรแกรมย่อยแล้วจะกับมาทำงานในโปรแกรมหลักต่อจากบริเวณที่หยุดการทำงานไว้ตอนก่อนเข้า Intertupt

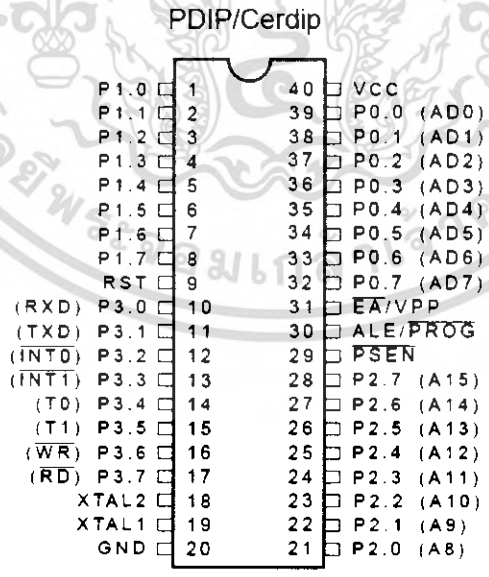
Intrerrupt แบ่งเป็น Internal Interrupt เช่น Timer Intrerupt และ External Interrupt

TIMER

สามารถโปรแกรมให้เป็นตัวนับ หรือ เป็นตัวจับเวลาก็ได้ เมื่อ Timer ถึงค่าที่กำหนด จะแสดงผลออกมาทางบิต Flag

การทำงานของ Timer นี้ ค่าใน register timer จะเพิ่มขึ้น 1 ทุกๆ 1 μs ถ้าหากเราโปรแกรมให้ register timer มีค่าเริ่มต้นค่าหนึ่ง เมื่อค่าใน register timer เพิ่งจาก 0xFF เป็น 0x00 จะให้บิต flag เป็น 1 หากมีการใช้ Interrupt โปรแกรมก็จะสามารถเข้าสู่ Interrupt ได้

2.6 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดได้เป็นทั้งอินพุตละเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำโดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบานการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นขาอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89C51 จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทม์เมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทม์เมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นขาอินพุต สามารถทำได้โดย การเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตยังใช้งานติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-AI5)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นขาอินพุต สามารถทำได้โดย การเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพิแดนซ์ สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่ในการใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต่อไปนี้

P 3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P 3.I ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P 3.2 ใช้เป็นขาอินพุต รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0

P 3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P 3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทม์เมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P 3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P 3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P 3.5 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา ALE/PROG (address Latch Enable/Program pulse inrut) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์นของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรเลอร์ MSC-51

ขา PSEN (Program store Enable) นี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา EV/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังเป็นขาอินพุตสำหรับแรงดันไฟสูงเพื่อการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันไฟ +12V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับติดต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.7 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้สายสัญญาณน้อยและส่งได้เป็นระยะทางไกล สำหรับโครงงานใช้การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ รับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการเปลี่ยนระดับสัญญาณไฟฟ้าได้มาตรฐานในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรม (Serial Port) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสัญญาณข่าวสารที่ได้ถูกประมวลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

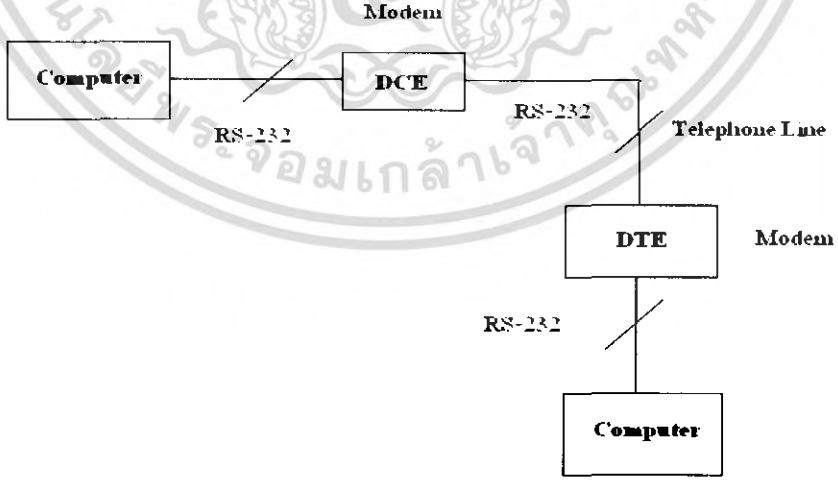
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมชื่อว่า อาร์เอส-232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ต อาร์เอส 232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม (Universal Asynchronous Adapter) เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องมาจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ ของอเมริกาหรืออีโอเอ (RS-232 : Recommended Standard Number 232, EIA : Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า อาร์เอส-232 (ความจริงแล้วมาตรฐานของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์)

2.7.2 มาตรฐาน RS-232c

มาตรฐาน RS-232c ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อ ค.ศ .1969 อาร์เอสย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 คือหมายเลขบ่งบอกมาตรฐานตัวนี้ และ c เป็นหมายเลขฉบับของหมายเลขตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐาน RS-232 ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DCE : Data Communication Equipment) สำหรับผู้ใช้ คอมพิวเตอร์ทั่วไป ดีทีอี ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วน ดีซีอี หมายถึง โมเด็ม (Modem) และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม อาจจะเป็นไปได้ทั้ง ดีทีอี และดีซีอี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สำหรับข้อแตกต่างของ ดีทีอี และ ดีซีอี จะเห็นได้จากรูปที่ 2.24 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่า RS-232 มีส่วนสำคัญอย่างมากสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.10 การใช้มาตรฐาน RS-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 อุปกรณ์ ดีทีอี และ ดีซีอี

ตามมาตรฐาน RS-232c อุปกรณ์ ดีทีอีควรใช้หัวต่อตัวผู้และอุปกรณ์ ดีซีอี ควรใช้หัวต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไม่ได้ปฏิบัติตามกฎนี้เสมอไปดังนั้นจึงไม่แยกแยะอุปกรณ์ ดีทีอี และดีซีอี โดยการมองผ่านๆ ได้เสมอไป เมื่อทราบว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น ดีทีอี และอีกตัวหนึ่งเป็น ดีซีอี ในทางทฤษฎีแล้วสามารถเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน เช่น เส้นที่ 2 กับ 2, 3 กับ 3 เป็นต้น เรียกว่า การเชื่อมต่อแบบตรงไปตรงมาแต่มีผู้ผลิตบางรายได้ได้ทำตามาตรฐานและทำให้เกิดปัญหาหลายอย่างเดียวกับวิธีจัดการกับสถานการณ์ที่อุปกรณ์ทั้ง 2 เป็น ดีทีอี หรือ ดีซีอี เหมือนกัน ในตอนนี้ถือว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น ดีทีอี และอีกตัวหนึ่งเป็น ดีซีอี แต่ละฝ่ายจะส่งสัญญาณที่อีกฝ่ายต้องการบนสายที่ตรงกัน

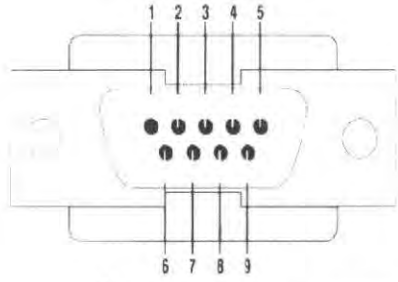
2.7.4 การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9

การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (connector) อนุกรม 9 ขา(DB-9) แสดงใน ตารางที่ 2.1

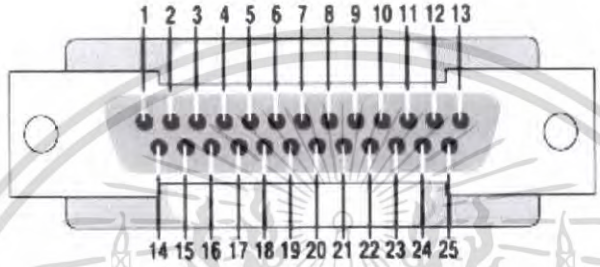
ตำแหน่งขา		ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
DB-9	DB-25		
1	8	Data Carrier Detect (DCD)	อินพุต
2	3	Received Data (RXD)	อินพุต
3	2	Transmitted Data (TXD)	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready (DTR)	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground (GND)	-
6	6	Data Set Ready (DSR)	อินพุต
7	4	Request To Send (RTS)	เอาต์พุต
8	5	Clear to Send (CTS)	อินพุต
9	22	Ring Indicator (RI)	อินพุต

ตารางที่ 2.1 การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งของขา DB-9



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งขาของ DB-25

ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่ง (carrier Detect :CD)Data carrier Detect :DCD) หรืออาจเรียกว่าซีดี)- ดีซีอี สัญญาณพาหะจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ใช้งานมากนัก

Received Data :RxD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง ดีทีอี หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มี)- อาร์ดี สัญญาณรับเข้ามาขานี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น “1”

หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็ม)- ทีดี (Transmit Data : TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก ดีทีอี หรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอจิกของขานี้มีค่าเท่ากับ “1” หรือเทียบเท่า สต็อป บิต

Dad Teminal Ready : DTR) เป็นขาที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า)- ดีทีอาร์ ต้องการติดต่อ โดยขา ดีทีอาร์นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา ดีเอสอาร์ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นนัล ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา ดีทีอาร์ และ ดีเอสอาร์ของตัว(Null Modem)โมเด็มมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขาดีเอสดีด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจสัญญาณพาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- จีเอ็นดี (Signal Ground : GND) กราวด์ระบบ

- ดีเอสอาร์)Data set Ready:DSR) ขานี้จะใช้คู่กับขา ดีทีอาร์ เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งขา ดีเอสอาร์ นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา ดีทีอาร์

- อาร์ทีเอส (Request to send : RTS) เป็นขาสำหรับสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณอาร์ทีเอส และซีทีเอส ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม จะต้องเชื่อมต่อขาอาร์ทีเอสและซีทีเอส ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

- ซีทีเอส (Clear To Sent : CTS) ขานี้จะคอยรับสัญญาณจาก อาร์ทีเอส เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมรับข้อมูลหรือไม่

-อาร์ไอ (Ring Indicator : RI) ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้ก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณเท่านั้น

2.8 การรับส่งข้อความสั้น (SMS)

SMS (Short Message Service) เป็นบริการซึ่งจัด ส่ง-รับ ข้อความตัวอักษร ผ่านการสื่อสารระบบต่าง ๆ ทั้ง ระบบมีสายและไร้สาย โดยจะถูกจำกัดโครงข่ายที่ใช้ในการสื่อสาร ด้วยระบบโปรโตคอลเฉพาะ ซึ่งกำหนดไว้ให้ส่งผ่าน SMS ในการสื่อสาร 1 ครั้ง ได้ถึง 160 ตัวอักษร หรือมากกว่า โดย

160 ตัวอักษร สำหรับการใช้งานข้อมูล 7 bits ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ตัวอักษรละตินเช่น ภาษาอังกฤษ

70 ตัวอักษรสำหรับการใช้งานข้อมูล 16 bits ของรหัส Unicode เช่น ภาษาไทย จีน เป็นต้น

ซึ่งอุปกรณ์สื่อสารสำหรับการส่งSMS พื้นฐานอย่างน้อย แบ่งได้เป็น 3 ตัวคือ อุปกรณ์ตัวรับ-ส่ง SMS สองตัว และ อุปกรณ์ที่เรียกว่า Center หนึ่งตัว และแบ่งการสื่อสารออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก

83062
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการสื่อสารของอุปกรณ์ ตัวส่ง SMS กับ Center และ ช่วงที่สองเป็นการสื่อสารของอุปกรณ์ ตัวรับ SMS กับ Center

รหัสยูนิโค้ด (UNICODE)

รหัสแอสกีสามารถแทนข้อมูลได้ทั้งหมด 256 ค่า ซึ่งเป็นการเพียงพอสำหรับภาษาอังกฤษ แต่ไม่สามารถ แทนภาษาต่าง ๆ ในโลกได้ครบหมด ตัวอย่างเช่น ภาษาญี่ปุ่นที่มีจำนวนรูปแบบเกินกว่า 256 ตัว ซึ่งยูนิโค้ดมีหลายภาษารวมทั้งภาษาไทย

รหัสยูนิโค้ดมีขนาด 16 บิต สามารถแทนข้อมูลได้ทั้งหมดเท่ากับ 2^{16} หรือเท่ากับ 65,536 ตัว ซึ่งเพียงพอสำหรับตัวอักษรและสัญลักษณ์กราฟิกโดยทั่วไป รวมทั้งสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ

	000	001	002	003	004	005	006	007
0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
1	STX	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	SOT	DC2	"	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
C	FF	FS	,	<	L	\	l	|
D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

ตารางที่ 2.2 รหัสตัวอักษรชนิด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 โหมดการรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูล เอสเอ็มเอส มีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือ เท็กซ์โหมด (Text Mode) และพีดียูโหมด (PDU:Protocol description unit) การรับส่งข้อความในเท็กซ์โหมดนั้นเป็นโหมดที่มีคำสั่งและผลตอบสนองเป็น ASCII Character ทำให้สามารถส่ง, รับข้อมูล และแสดงค่าต่างๆได้เฉพาะภาษาอังกฤษและตัวเลขอาราบิกเท่านั้นเพราะเป็นตัวอักษรที่มี ASCII Code จึงไม่ สามารถรับส่งข้อความเป็นภาษาอื่นได้ เมื่อเราเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือเพื่อจะอ่านข้อความเราสามารถตั้งค่าการเข้ารหัสและถอดรหัสได้โดยใช้กลุ่มคำสั่ง AT command แต่ถ้าเราอ่านข้อความจากจอของโทรศัพท์มือถือจะเลือกการถอดรหัสที่เหมาะสมให้เองโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเพื่อรับส่งข้อความสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 โหมดแต่จะเห็นได้ว่าการเลือกใช้เท็กซ์โหมด (Text Mode) จะมีข้อจำกัดทั้งจากการที่มือถือบางรุ่นไม่สนับสนุนและยังถูกจำกัดวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัส ซึ่งมีเพียงไม่กี่ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งในบางกรณีอาจไม่สะดวกนักแต่ถ้าเลือกพีดียูโหมดจะสามารถเลือกหรือสร้างการเข้ารหัสและถอดรหัสได้ทุกรูปตามที่ต้องการโดยไม่มีข้อจำกัด

2.8.2 การรับข้อความสั้น (SMS) ในพีดียูโหมด

ถ้าหากทำการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือและทำการอ่านข้อความ SMS ที่อยู่ใน Inbox โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบด้วยข้อมูลของผู้ส่ง, ข้อมูล SMS Service Center (SMSC) เป็นต้น แต่ส่วนท้ายสุดของสตริงจะตามด้วยข้อความที่ส่งมา โดยจะขอยกตัวอย่างโดยใช้ โทรศัพท์เครื่องที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ซึ่งได้ใช้โทรศัพท์ SIEMENS รุ่น c-35 ซึ่งข้อความที่ส่งมาคือ project
ข้อมูล จะมีรายละเอียดดังนี้

AT+CMGR = 1 < CR >

+ CMGR: "+66818542899F4 "

07916618361100F50B916618542899F400080E00700072006F006A006500630074

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Octet(s)	Description
07	ความยาวของ SMSC information
91	รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (International format)
6618361100F5	เลขหมาย SMSC ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีหมายเลขจริงขอ งservice center คือ +66816311005
0B	ความยาวของหมายเลขผู้ส่ง (0B = 11 ตัวเลข)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (International format)
6618542899F4	เลขหมายผู้ส่งซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีหมายเลขจริงของผู้ส่ง คือ +66814582994 เมื่อสลับ nibble แล้วไม่ครบคู่ให้ต่อท้ายด้วย F เมื่อสลับแล้วจึงกลายกลายเป็นล้วจึงกลายเป็น 6618542899F4
00	TP-PID. Protocol identifier ในกรณีนี้คือ 00
08	TP-DCS. Data coding scheme. 08 คือเข้ารหัสข้อความแบบ 16 บิต Unicode
0E	TP-User-Data-Length. Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 14 ตัว
00700072006F006A006500630074	TP-User-Data.ข้อความ project ที่เขียนจากรหัส16 บิต Unicode

2.9 การส่งข้อความ SMS ในพีดียูโหมด

ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างโดยการใช้โหมดพีดียูไปให้ผู้รับหมายเลข +660814582994

AT + CMGF = 0 (เลือกพีดียูโหมด)

OK

AT+CMGS = 27 (ต้องการส่งทั้งหมด 25 byte ไม่รวมเลข 00 ที่อยู่หน้าสุด)

>0001030B916618542899F600080C0E020E2D0E1A0E040E380E13 <ctrl-Z>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDU meaning

Octet(s)	Description
00	ความยาวของ SMSC Information 00 หมายถึงให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง (ปกติเครื่องที่ส่ง SMSได้จะมี SMSC ภายในเครื่องอยู่แล้ว)
01	First octet of the SMS-SUBMIT message.
00	TP-Message-Reference. The "00" value here lets the phone set the message reference number itself.
0B	ความยาวของหมายเลขผู้ส่ง (0B = 11 ตัวเลข)
91	รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (International format)
6618542899F4	เลขหมายผู้รับซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีหมายเลขจริงของผู้รับ คือ +66814582996 เมื่อสลับ nibble แล้วไม่ครบคู่ให้ต่อท้ายด้วย F เมื่อสลับแล้วจึงกลายเป็น 6618542899F4
00	TP-PID. Protocol identifier ในกรณีนี้คือ 00
08	TP-DCS. Data coding scheme. 08 คือเข้ารหัสข้อความแบบ 16 บิต Unicode
0E	TP-User-Data-Length. Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 14 ตัว
00700072006F006A006500630074	TP-User-Data.ข้อความ project ที่เขียนจากรหัส16 บิต Unicode

2.10 ไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF DECODER)

MT เป็นไอซีที่ใช้สำหรับถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มให้เป็นสัญญาณเลขฐานสอง 4 บิตคุณสมบัติการทำงานมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ถอดรหัส
- ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยและใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกันกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราการขยายภายในตัว IC ได้
- เป็นไอซีที่มีคุณภาพสูง

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างด้วยเทคโนโลยี ISO-CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ที่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับรหัสและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นฐานสองขนาด 4 บิต และเชคช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามาส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุตเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำโดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์ ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เพื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดได้จากความถี่ต่างๆ

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปทางเอาท์พุท จะมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะที่กำหนดให้โดยที่สังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มสวิตช์ความถี่ เพื่อให้มีช่วงความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลายาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา EST จะเป็น High นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ DTMF สูงขึ้นจนถึงค่าเทรดโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต

สัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งมาจากภาคส่งสัญญาณจะถูกแยกองค์ประกอบของสัญญาณเพื่อนำข้อมูลที่ได้เข้าไปในไบนารีอีกครั้ง ก่อนส่งไปควบคุมที่ภาคเอาท์พุตเกือบทั้งหมดนี้เราสามารถทำงานโดยใช้ไอซีเพียงตัวเดียวในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คือ ใช้ไอซี MT 8870 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสที่ใช้กันค่อนข้างแพร่หลาย

4. ภาคกำเนิดความถี่

5. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

การทำงานเริ่มจากสัญญาณภาคส่งสัญญาณถูกป้อนเข้ามาทางอินพุต ซึ่งจะขยายโดยออปแอมป์ จากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายแล้วจะส่งต่อไปยังภาคกรองที่มี 2 สัญญาณ คือ ส่วนที่กรองสัญญาณ DTMF เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ (Band Pass Filter) ทำหน้าที่เอาเฉพาะกลุ่มความถี่ DMF ออกมา เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งสัญญาณ อาจมีสัญญาณอื่นปะปนเข้ามาระหว่างทางได้จึงจำเป็นต้องกรองออกไปและส่วนที่กรองสัญญาณความถี่สูง และความถี่ต่ำ ที่ภาคกรองความถี่สูงจะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่สูงของ DTMF และภาคกรองความถี่ต่ำจะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่ต่ำของ DTMF จากนั้นสัญญาณทั้ง 2 ส่วนที่ผ่านวงจรแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังภาคต่อรหัสเพื่อทำการแปลงความถี่ DTMF ที่ได้ให้เป็นรหัสไบนารี

ถึงแม้ภาคกรองความถี่จะมีถึงสองส่วน แต่ก็ไม่แน่ว่าความถี่ที่ผ่านวงจรกรองมาได้จะเป็นความถี่ DTMF ที่ถูกต้องเสมอไปซึ่งอาจเป็นสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ใกล้เคียงกันก็ได้ทั้งนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบเพื่อตรวจสอบว่าช่วงเวลาที่สัญญาณปรากฏ ถูกต้องตามที่ตั้งค่าไว้หรือไม่ กล่าวคือถ้าเลาที่สัญญาณปรากฏสั้นว่าเวลาที่ตั้งไว้ก็จะถือว่าสัญญาณนั้นมีความผิดพลาดไม่ใช่สัญญาณที่ต้องการ ก็จะไปควบคุมสภาวะเอาท์พุทบัฟเฟอร์ของไอซีให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์ (High Impedance) นั่นคือจะไม่มีสัญญาณไบนารีปรากฏที่เอาท์พุทของไอซี MT8870 ซึ่งมีอยู่ในโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการออกแบบ

3.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบโครงงานชิ้นนี้จะนำโทรศัพท์มือถือมาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์และ RF Module เพื่อสั่งการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยที่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

3.1.1 วงจรเซิร์ฟเวอร์(Server)

- โทรศัพท์มือถือเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้คือ โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Siemens รุ่น C-35 ในส่วนของการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เราใช้สายรับ-ส่งข้อมูล (data link) ในการส่งข้อมูลระหว่างกันโดยส่วนของสัญญาณของโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นสัญญาณระดับ TTL ทั้งคู่ ดังนั้นจึงไม่ต้องแปลงสัญญาณใดๆและหากสายรับ-ส่งข้อมูล (data link) ที่ซื้อมามีวงจรแมกซ์-232 อยู่ภายในก็ต้องตัดส่วนนั้นทิ้งไปหรือจะประดิษฐ์สายขึ้นมาเอง โดยในการใช้งานนี้จะใช้ทั้งหมด 5 ขา คือ ขาที่ 1,5,6,11 และ 12 ของพอร์ต ข้อมูลของโทรศัพท์มือถือ siemens รุ่น C-35 รูปแบบข้อมูลของโทรศัพท์มือถือ siemens รุ่น C-35 ส่งข้อมูลในลักษณะ 19200-N-8-1 คือมีอัตราการส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี้บิต ข้อมูลมีขนาด 8 บิต และมีบิตหยุด 1 บิต

- ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับ RF Module

RF Module ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้คือ RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 ในส่วนของการติดต่อกันระหว่าง RF Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น โดยใช้การสื่อสารทางขา Receiver data และ Transceiver data ของ RF Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.2 วงจรไคลเอ่นท์(Client)

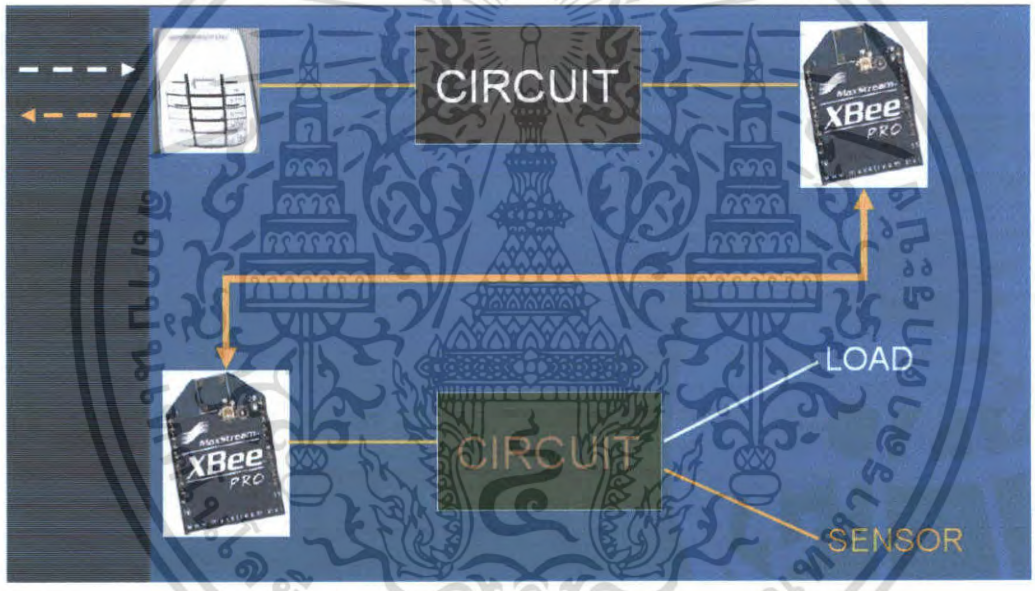
- ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับ RF Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RF Module ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คือ RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 ในส่วนของการติดต่อกันระหว่าง RF Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น โดยใช้การสื่อสารทางขา Receiver data และ Transceiver data ของ RF Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์

- ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

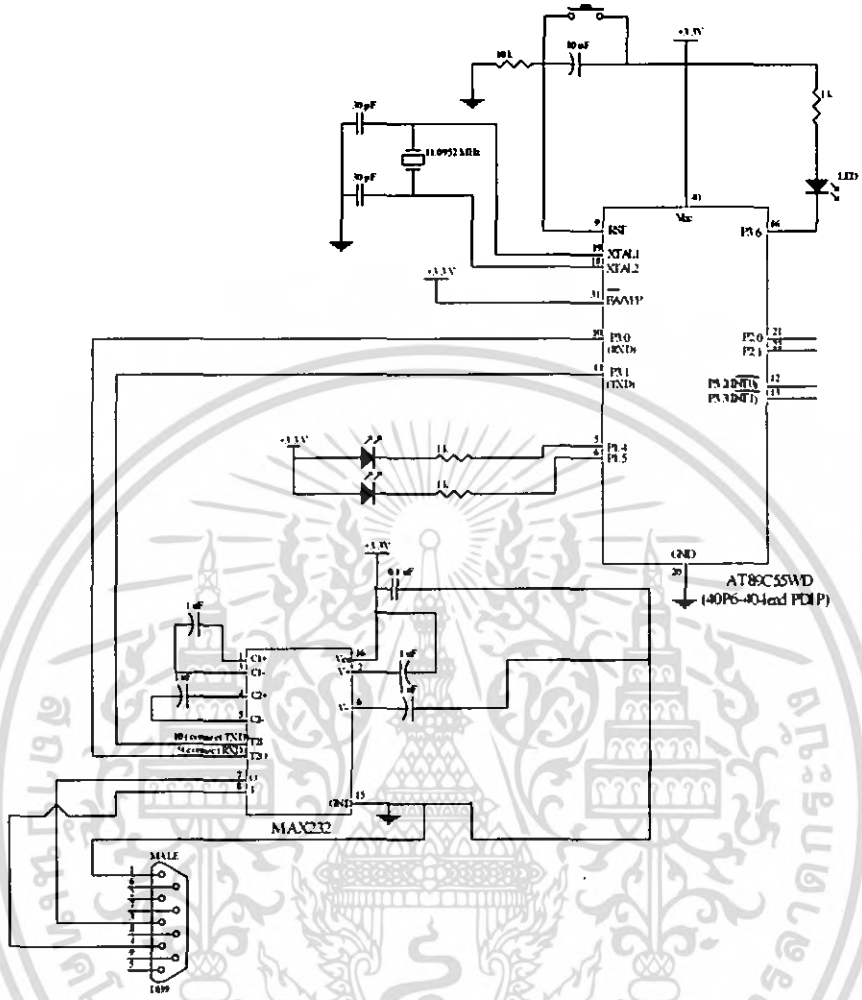
ในการที่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ 220 โวลต์ในการทำงานนั้น จะต้องมีการต่อรีเลย์ ทรานซิสเตอร์ และ บัฟเฟอร์ เพื่อขยายกระแสไปขับทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะสามารถทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นทำงานได้



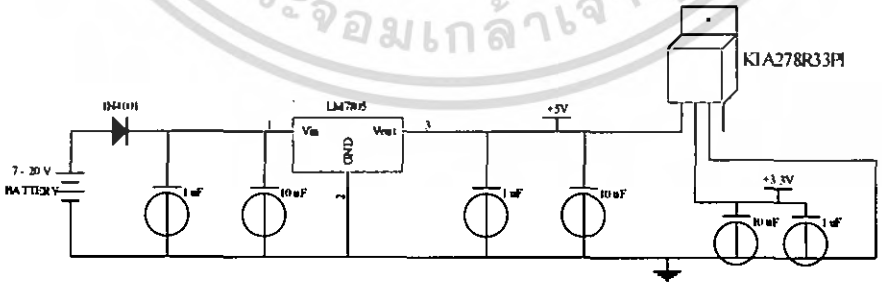
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการออกแบบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรที่ใช้ในโครงงาน

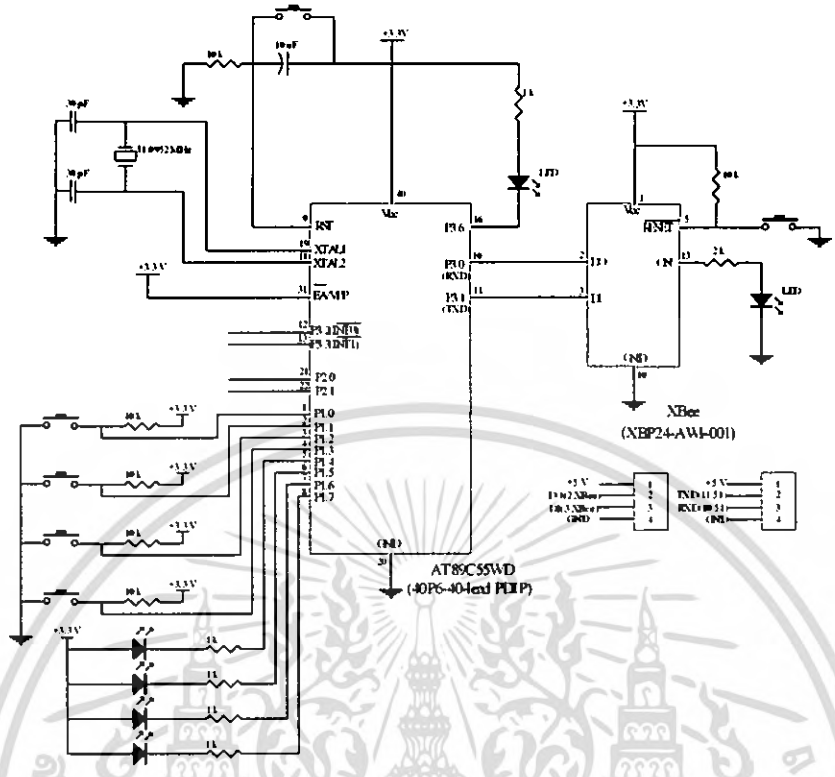


รูปที่ 3.2 วงจรโทรศัพท์มือถือเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

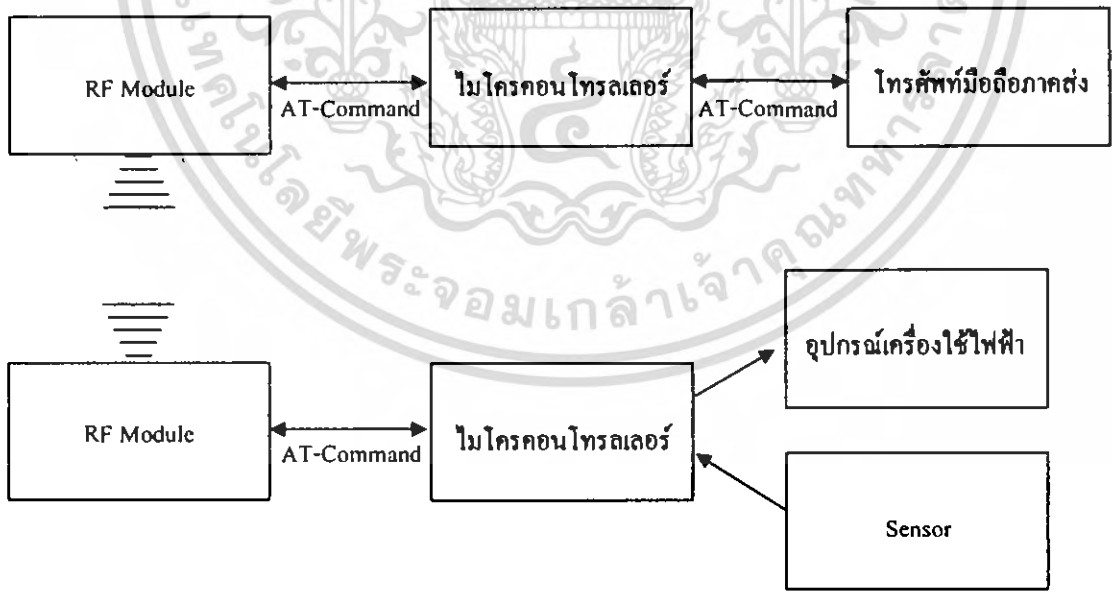


รูปที่ 3.3 วงจรพาวเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

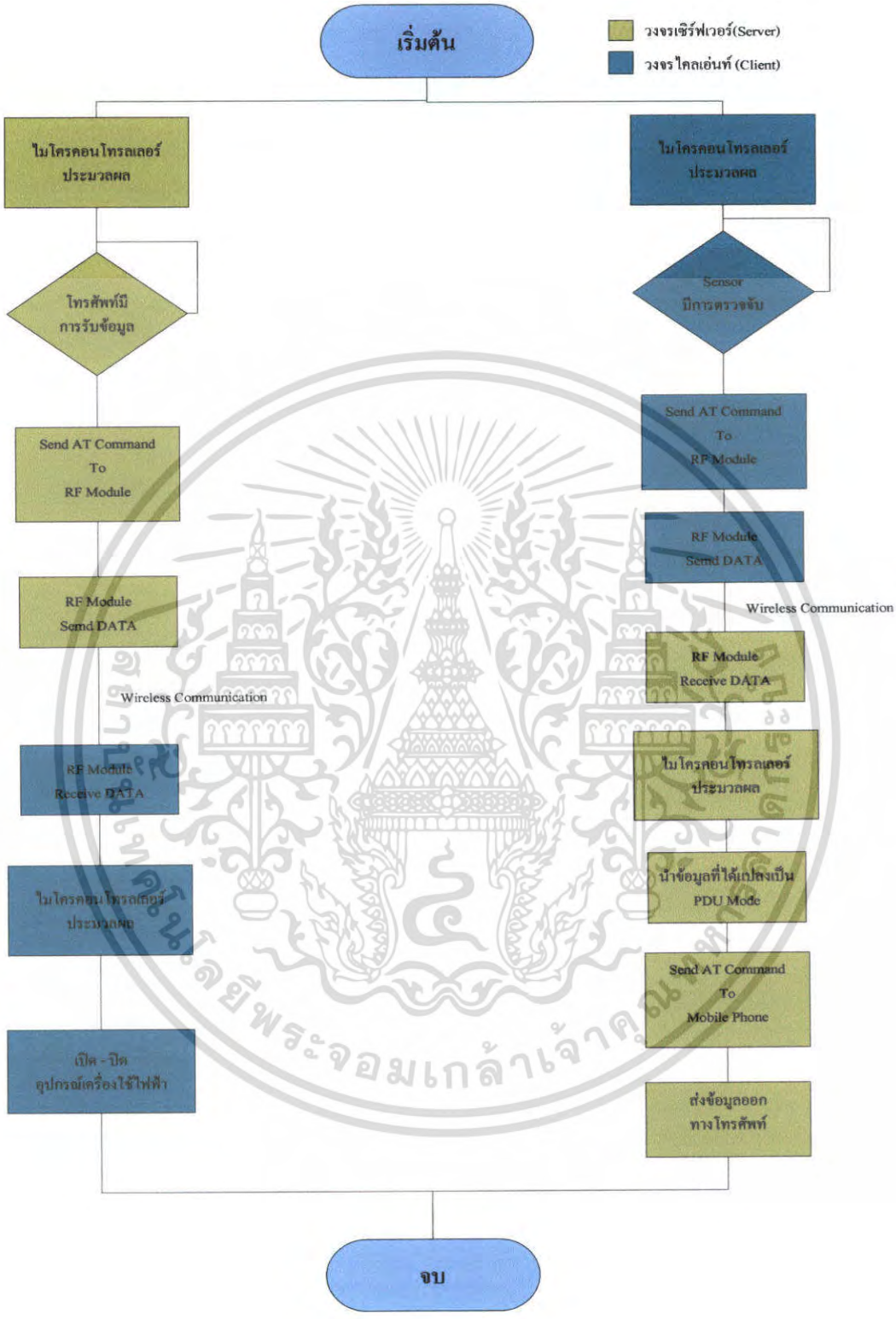


รูปที่ 3.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับ RF Module



รูปที่ 3.5 รูปแบบการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 รูปแบบการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

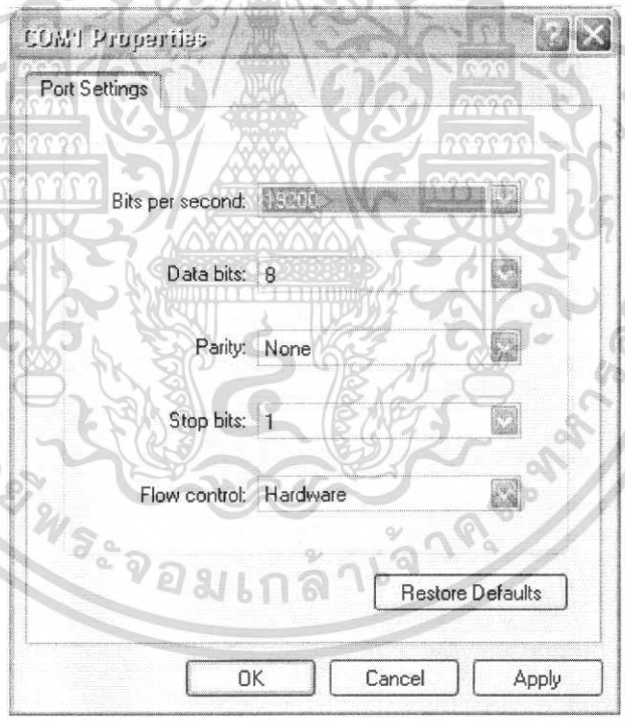
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เริ่มต้นจะต้องทดลอง ชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือ และ RF Module โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การทดลองชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือ

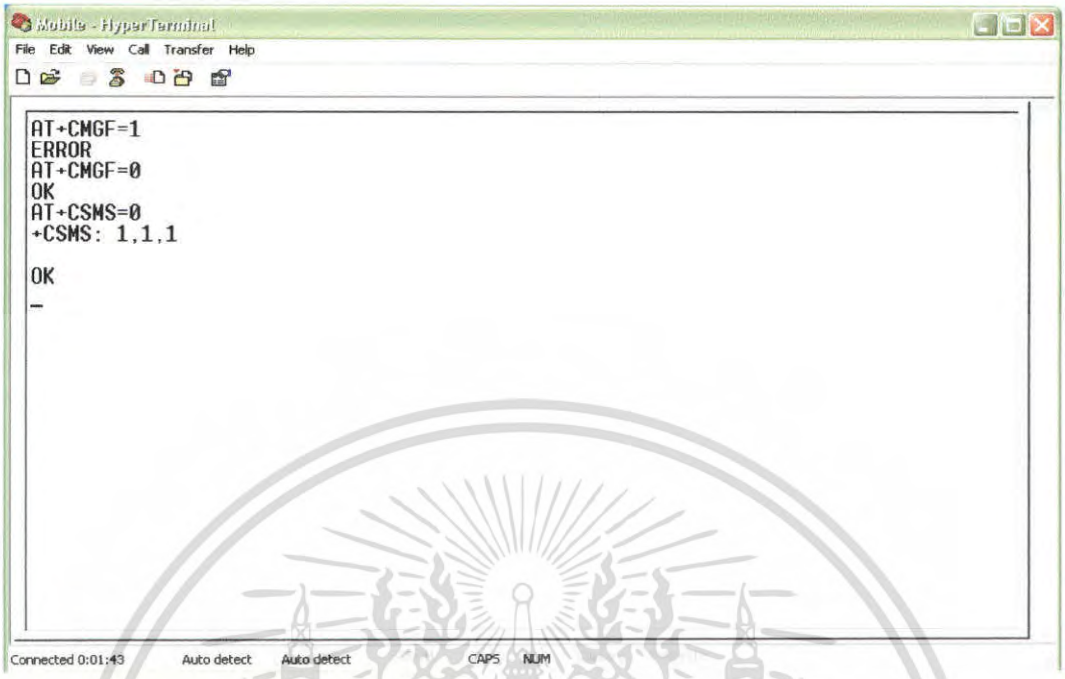
เราสามารถทดลองชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือโดยการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์ ทางสายดาต้าลิงค์ (Data Link) จากนั้นเข้าโปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอล (HyperTerminal) แล้วกำหนดค่าบอดเรต (Baud rate) ให้ตรงกับโทรศัพท์มือถือซึ่งจะต้องเท่ากับ 19200 เฮิรตซ์ (Hz)



รูปที่ 4.1 การกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ

จากนั้นก็ทำการทดลองโดยการพิมพ์คำสั่ง เอที คอมมานด์ลงไปในโปรแกรมซึ่งถ้าแสดงว่า โอเค (OK) นั่นคือ โทรศัพท์มือถือสามารถรองรับคำสั่งได้ แต่ถ้าขึ้นคำว่าเออเรอร์ (ERROR) แสดงว่าโทรศัพท์มือถือนี้ ไม่รองรับคำสั่งดังกล่าวตามรูปที่ 4.2

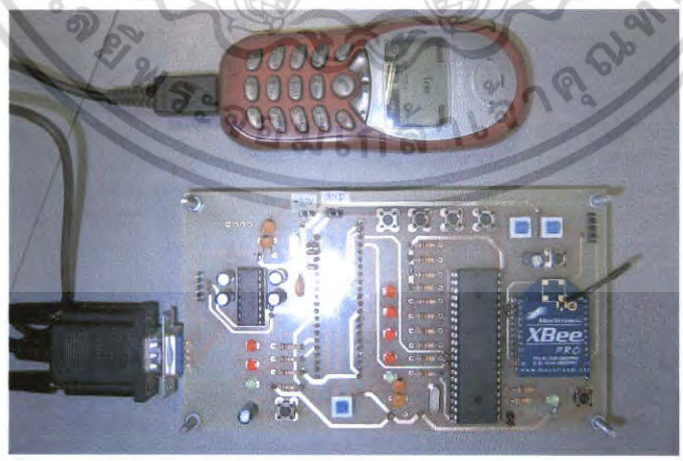
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 คำสั่งที่ใช้ควบคุมโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าโทรศัพท์มือถือรุ่นนี้ รองรับได้แค่ พีดียูโหมด (PDU Mode) เพราะ AT+CMGF=0 ซึ่งหมายถึงการเลือก พีดียูโหมด ส่วนAT+CSMS=0 นั้นหมายถึงเป็นการเลือกข้อความในโหมดที่1 ซึ่งดูจากตัวหลังสุด

จากนั้นเราจะทำการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านทางซีเรียลพอร์ต(Serial Port)

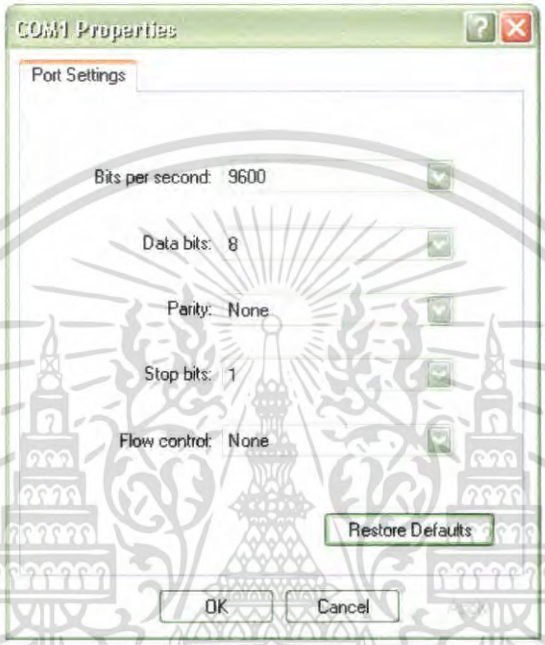


รูปที่ 4.3 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของRF Module

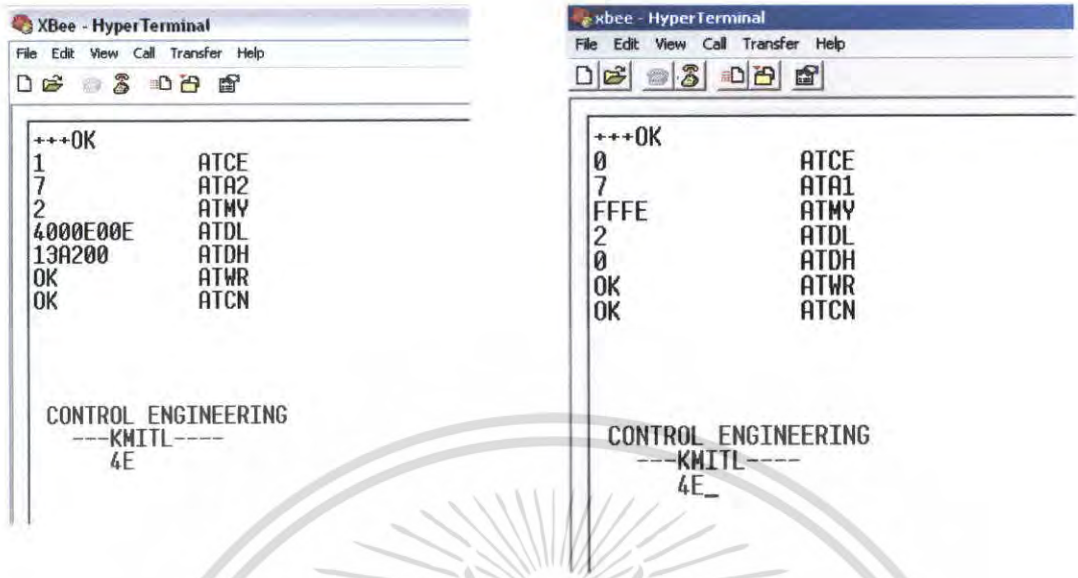
เราสามารถทดลองชุดคำสั่ง เอที คอมมานด์ (AT Command) ของ RF Module โดยการเชื่อมต่อ RF Module กับคอมพิวเตอร์ ทั้ง 2 ฝั่ง จากนั้นเข้าโปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอล (HyperTerminal) แล้วกำหนดค่าบอดเรต (Baud rate) ให้ตรงกับ RF Module ซึ่งจะต้องเท่ากับ 9600 เฮิรตซ์ (Hz)



รูปที่ 4.4 การกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับRF Module

จากนั้นก็ทำการทดลองโดยการพิมพ์คำสั่ง เอที คอมมานด์ลงไปในโปรแกรมทั้ง 2 ฝั่งซึ่งการที่ RF Module 2 ฝั่งจะสามารถสื่อสารกันได้จะต้อง มี PAN ID ,Channel และ Address ที่ตรงกันจึงจะสามารถติดต่อกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

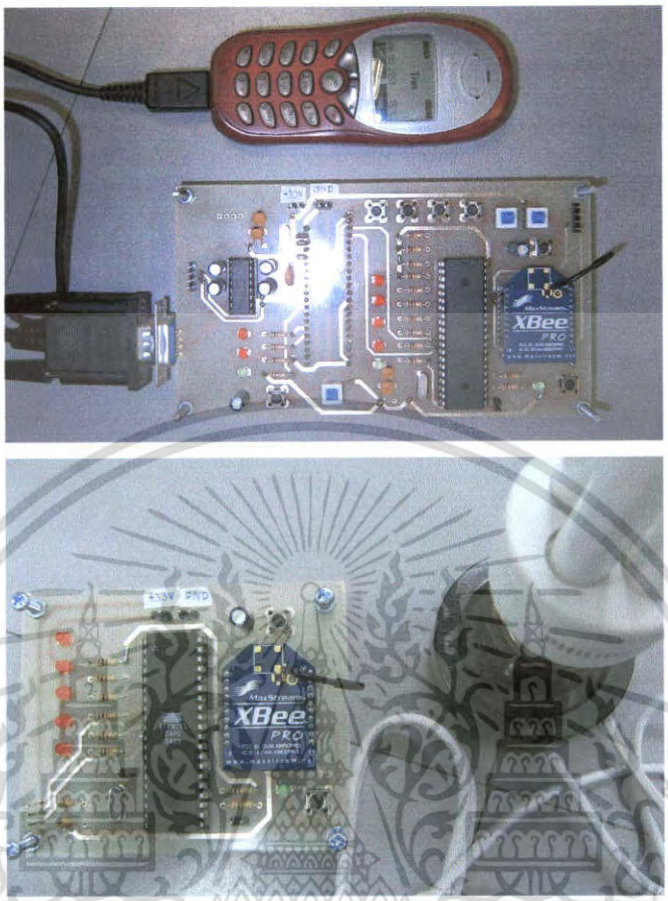
รูปที่ 4.5 (ก) คำสั่งAT – Command สำหรับ Coordinator

(ข) คำสั่งAT – Command สำหรับ End device

จากรูปที่ 4.5 เป็นการใช้คำสั่ง AT-Command สำหรับ RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 ซึ่งเมื่อกำหนดค่า PAN ID ,Channel และ Address ที่ตรงกันแล้วเราจะสามารถรับส่งข้อมูลระหว่าง 2 ฝั่งได้ ดังรูปที่ 4.5 (CONTROL ENGINEERING ,---KMITL---,4E)

จากนั้นทำการเบิร์นโปรแกรมที่เขียนไว้ลงไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ทางพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามรูปที่4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 วงจรสมบูรณ์ของโครงงาน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.7 (ก) ผลที่ได้จากการสั่งการทางโทรศัพท์มือถือ
(ข) ผลที่ได้จากโทรศัพท์มือถือภาครับถ้ามีการ
ตรวจจับของเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและบทวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการส่งข้อความเพื่อควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นเป็นไปตามที่ต้องการได้ และ การส่งข้อความเตือนภัยนั้นให้ผลที่ถูกต้องชัดเจน น่าเชื่อถือ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทดลองโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AT89C51 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับโทรศัพท์มือถือทางสายดาต้าลิงค์ชนิดซีเรียลพอร์ต โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งรหัสพีดียูไปยังโทรศัพท์มือถือภาคส่ง แล้วทำการถอดรหัสพีดียูกลับไปเป็นข้อความส่งออกไป และไมโครคอนโทรลเลอร์ จะติดต่อกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าโดยการควบคุมทางโทรศัพท์มือถือของผู้สั่งการ ทำให้เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้านได้

5.2 ปัญหาในการดำเนินการ

เนื่องจากระบบควบคุมที่ทำขึ้นนั้นจะต้องใช้โทรศัพท์มือถือเป็นหลัก ซึ่งถ้าโทรศัพท์มือถืออยู่ในสถานที่ที่อับสัญญาณการส่งข้อความเอสเอ็มเอส (SMS) อาจจะมีปัญหา ส่งไม่ได้ หรือ การส่งเกิดการล่าช้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.arcelect.com/rs232.htm

[2] http://campus.en.kku.ac.th/project/2007/coe2007-06/?page_id=6

[3] http://www.maxwell.co.th/maxwell.html

[4] http://www.aboutlightingcontrols.org/education/papers/wireless_controls.shtml

[5] http://en.wikipedia.org/wiki/Z-wave_

[6] http://techon.nikkeibp.co.jp/article/HONSHI/20061120/124010/

[7] http://www.mouser.com/catalog/629/22.pdf

[8] http://www.silabs.com/tgwWebApp/public/web_content/products
/Microcontrollers/en/ZigBee.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

1. โปรแกรมที่ใช้งาน

```
#include<reg51.h>
code unsigned char text1[11] = {'A','T','+','C','M','G','S','=','2','7',0x0D} ;
code unsigned char text2[56] =
{'0','0','0','1','0','3','0','B','9','1','6','6','4','8','0','0','4','0','6','5','F','6','0','0','0','8','0','E','0','0','6','1','0','0'
,'6','C','0','0','6','1','0','0','7','2','0','0','6','D','0','0','2','1','0','0','2','1'} ;//alarm!!(PDU)
code unsigned char text3[1] = {0x1A};
code unsigned char text4[10] = {'A','T','+','C','M','G','L','=','4',0x0D} ;
code unsigned char text5[10] = {'A','T','+','C','M','G','D','=','1',0x0D} ;
//unsigned char buffer[80];
unsigned char DATA;
unsigned char TEMP;
sbit RST = P3^6 ;
int n;
int c;
int a;
int b;
int d;
int s;
int t;
int wait;
int send = 0;
sbit sw1 = P1^0 ;
sbit sw2 = P1^1 ;
sbit sw3 = P1^2 ;
sbit sw4 = P1^3 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sbit L1  = P1^4 ;
sbit L2  = P1^5 ;
sbit L3  = P1^6 ;
sbit L4  = P1^7 ;

sbit I0  = P2^0 ;
sbit I1  = P2^1 ;

bit SEND_REQ1 = 0 ; // REQUIRE TO SEND
bit SEND_REQ2 = 0 ;
bit SEND_REQ3 = 0 ;
bit SEND_REQ4 = 0 ;
bit SEND_REQ5 = 0 ;

void delay (unsigned int time)                    //delay time
{
        char i,j;
        for (i=0;i<time;i++)
        for (j=0;j<time;j++);
}

void init_sio_interrupt(void)

{
  IT0 = 1;
  EX0 = 1;
  IT1 = 1;
  EX1 = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  TR1 =0;

  TMOD=0x21;

  TH1=0xFD;

  TR1=1;

  SCON=0x50;
  RI=0;
  TI=0;
  EA=1;
  ES=1;
  PCON = 0x80;
}

void serial_interrupt (void) interrupt 4

{

 if (TI==1)
 {
  TI = 0 ;
  if(SEND_REQ1 == 1)      // CHECK  SEND???
  {
    if(n < 11)
    {

    SBUF = text1[n] ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ1 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ2 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 56)
  {
  SBUF = text2[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ2 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ3 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
  SBUF = text3[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
  SEND_REQ3 = 0;
  n = 0;

  }
}
else if(SEND_REQ4 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 10)
  {
  SBUF = text4[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ4 = 0;
  n = 0;

  }
}
else if(SEND_REQ5 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 10)
  {
  SBUF = text5[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    SEND_REQ5 = 0;
    n = 0;

    }
  }

}

if(RI==1)
{
   RI = 0;  // clear flag RI
   s=s+1;
   TEMP = SBUF;  // READ  DATA
   if(TEMP == 'B')
   {
         t = 1;
         s = 0;
         d = 1;
         //SBUF = TEMP;

   }
   else if(t == 1)
   {

         if(s == 36)
         {
               if(TEMP == '1')
               {
                     t = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                d = 0;
                a = 1;
                b = 1;
            }
            else if(TEMP == '0')
            {
                t = 0;
                d = 0;
                a = 2;
                b = 1;

            }
            else
            {
                t = 0;
                d = 0;
                a = 0;
                b = 0;
                c = 6;
            }
        }
    }
    else if(TEMP == 'K')
    {
        if( (s>37)&&(b == 1))
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    s = 0;
                    c = 5;


            }
        else if( (s>37)&& (b == 0) )
        {

            s = 0;
                    c = 6;
            }

    }

  }

}

void ex0_isr (void) interrupt 0
{
  P1 = 0x00;
  c=1;

}
void ex1_isr (void) interrupt 2
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  SEND_REQ2 = 1; // require to send
  TI = 1;
  P1 = 0xFF ;
  delay(100);

}

void main()
{

        P2 = 0xFF;
        init_sio_interrupt();
        delay(200);
        c=4;
 while(1){
        P1 = 0xFF;
        P2 = 0xFF;
        RST = 0;
        while( (c < 4) && (c >=1) ){

        if (c == 1)
         {
                SEND_REQ1 = 1; // require to send
        TI = 1;
        P1 = 0xFF ;
        c=c+1;
        delay(50);
        while(wait < 100){
        P1 = 0xFF ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            delay(50);
                    P1 = 0x00 ;
            delay(50);
            wait = wait+1;
                    }
                    wait = 0;
}
else if (c == 2)
{
            SEND_REQ2 = 1; // require to send
TI = 1;
P1 = 0xFF ;
c=c+1;
delay(50);



}
 else if (c == 3)
{
            SEND_REQ3 = 1; // require to send
TI = 1;
P1 = 0xFF ;
c=c+1;
delay(200);
            delay(200);
            delay(200);
            delay(200);
            delay(200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            delay(200);
            delay(200);
            delay(200);
delay(200);
            delay(200);
            delay(200);
 }

}

while(c == 4){
            s=0;
            P2 = 0xFF;
            SEND_REQ4 = 1; // require to send
TI = 1;
c = c ;
delay(200);
P1 = 0xFF ;
            delay(200);
            P1 = 0x00 ;
            delay(200);
            P1 = 0xFF ;
            delay(200);
            P1 = 0x00 ;
            delay(200);
            P1 = 0xFF ;
            delay(200);
            P1 = 0x00 ;
            delay(200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            P1 = 0xFF ;
            delay(200);
            P1 = 0x00 ;
            delay(200);
            P1 = 0xFF ;
            delay(200);
            P1 = 0x00 ;
            delay(200);
            s=0;

}
/// RECEIVE 1 ///
while( (c == 5) && (a == 1) ){

            SEND_REQ5 = 1; // require to send
TI = 1;
c = 4 ;
a = 0 ;
b = 0 ;
d = 0 ;
            P1 = 0xFF;
  delay(50);
  P1 = 0x00;
  delay(50);
  P1 = 0xFF;
  delay(50);
  P1 = 0x00;
  delay(50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        P1 = 0xEF;

P2 = 0xFE;
        delay(200);
        delay(200);
        P2 = 0xFF;

        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
        delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);

        }

        /// RECEIVE 0 ///
        while((c == 5) && (a == 2)){


                SEND_REQ5 = 1; // require to send
        TI = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
c = 4 ;
a = 0 ;
b = 0 ;
d = 0 ;
P1 = 0xFF;
  delay(50);
  P1 = 0x00;
  delay(50);
  P1 = 0xFF;
  delay(50);
  P1 = 0x00;
  delay(50);
  P1 = 0xDF;

        P2 = 0xFD;
delay(200);
delay(200);
P2 = 0xFF;

delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
delay(200);
        delay(200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            delay(200);
            delay(200);
            delay(200);

}
while(c == 6){


            SEND_REQ5 = 1; // require to send
TI = 1;
c = 4 ;
a = 0 ;
b = 0 ;
d = 0 ;
P2 = 0xFF;
P1 = 0xFF;
 delay(50);
 P1 = 0x00;
 delay(50);
 P1 = 0xFF;
 delay(50);
 P1 = 0x00;
 delay(50);
 P1 = 0x00;
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
            delay(200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
            delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);
                delay(200);

        }

    }
}
        ************************************************
#include<reg51.h>

unsigned char text1[3] = {0x53,0x57,0x31} ;
unsigned char text2[3] = {0x53,0x57,0x32} ;
unsigned char text3[3] = {0x53,0x57,0x33} ;
unsigned char text4[3] = {0x53,0x57,0x34} ;
unsigned char LED1[3] = {'A'} ;
unsigned char LED2[3] = {'B'} ;
unsigned char LED3[3] = {'C'} ;
unsigned char LED4[3] = {'D'} ;
unsigned char LED5[3] = {'E'} ;
unsigned char LED6[3] = {'F'} ;

unsigned char DATA;
unsigned char TEMP;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sbit RST = P3^6 ;

int n;

sbit sw1 = P1^0 ;
sbit sw2 = P1^1 ;
sbit sw3 = P1^2 ;
sbit sw4 = P1^3 ;

sbit L1  = P1^4 ;
sbit L2  = P1^5 ;
sbit L3  = P1^6 ;
sbit L4  = P1^7 ;

bit SEND_REQ1 = 0 ; // REQUIRE TO SEND
bit SEND_REQ2 = 0 ;
bit SEND_REQ3 = 0 ;
bit SEND_REQ4 = 0 ;
bit SEND_REQ5 = 0 ;
bit SEND_REQ6 = 0 ;
void delay (unsigned int time)                    //delay time
{
        char i,j;
        for (i=0;i<time;i++)
        for (j=0;j<time;j++);
}

void init_sio_interrupt(void)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  IT0 = 1;
  EX0 = 1;
  IT1 = 1;
  EX1 = 1;


  TR1 =0;
  TMOD=0x21;

  TH1=0xFD;

  TR1=1;

  SCON=0x50;
  RI=0;
  TI=0;
  EA=1;
  ES=1;
}
void serial_interrupt (void) interrupt 4

{

 if (TI==1)
 {
  TI = 0 ;
  if(SEND_REQ1 == 1)     // CHECK  SEND???
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if(n < 1)
  {

  SBUF = LED1[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ1 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ2 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
  SBUF = LED2[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ2 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ3 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  SBUF = LED3[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ3 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ4 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
  SBUF = LED4[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ4 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ5 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
  SBUF = LED5[n] ;
  n=n+1;
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else
    {
    SEND_REQ5 = 0;
    n = 0;
    }
  }
  else if(SEND_REQ6 == 1)          // CHECK  SEND???
  {
    if(n < 1)
    {
    SBUF = LED6[n] ;
    n=n+1;
    }
    else
    {
    SEND_REQ6 = 0;
    n = 0;
    }
  }

}


if(RI==1)
{
   RI = 0;  // clear flag RI
   TEMP = SBUF;  // READ  DATA
   if(TEMP == '1' )
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                P1 = 0xEF ;
                delay(50);

}
else if(TEMP == '2' )
{

                P1 = 0xDF ;
                delay(50);

}
else if(TEMP == '3' )
{

                P1 = 0xBF ;
                delay(50);

}
else if(TEMP == '4' )
{

                P1 = 0x7F ;
        delay(50);

}
else if(TEMP == '5' )
{

                P1 = 0x0F ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                P2 = 0xFE ;
            delay(200);
                delay(200);
                P1 = 0xFF ;

    }

 }

}

void ex0_isr (void) interrupt 0
{
  SEND_REQ5 = 1; // require to send
  TI = 1;
  P1 = 0x0F ;
  delay(100);

}
void ex1_isr (void) interrupt 2
{

  SEND_REQ6 = 1; // require to send
  TI = 1;
  P1 = 0xFF ;
  delay(100);

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void main()
{

        init_sio_interrupt();
        P2 = 0xFF;
        P1 = 0xFF;
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        delay(200);
        while(1)
        {

                P2 = 0xFF;
                RST = 0;

                SEND_REQ1 = 1; // require to send
                TI = 1;
                delay(200);
                delay(200);
                SEND_REQ2 = 1; // require to send
                TI = 1;
                delay(200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
delay(200);
SEND_REQ3 = 1; // require to send
TI = 1;
delay(200);
delay(200);
SEND_REQ4 = 1; // require to send
TI = 1;
delay(200);
delay(200);

        if(sw1 == 0)
        {
                        //DATA = 0x41;
                        SEND_REQ1 = 1; // require to send
                        TI = 1;
                        //P1 = 0xEF ;
                        delay(50);

        }
        else if (sw2 == 0)
        {
                        //DATA = 0x42;
                        SEND_REQ2 = 1; // require to send
                        TI = 1;
                        //P1 = 0xDF ;
                        delay(50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        else if (sw3 == 0)
        {
                //DATA = 0x43;
                SEND_REQ3 = 1; // require to send
                TI = 1;
                //P1 = 0xBF ;
                delay(50);

        }
        else if (sw4 == 0)
        {
                //DATA = 0x44;
                SEND_REQ4 = 1; // require to send
                TI = 1;
                //P1 = 0x7F ;
                delay(50);

        }
    }
}
```

****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include<reg51.h>

unsigned char text1[3] = {0x53,0x57,0x31} ;
unsigned char text2[3] = {0x53,0x57,0x32} ;
unsigned char text3[3] = {0x53,0x57,0x33} ;
unsigned char text4[3] = {0x53,0x57,0x34} ;
unsigned char LED1[3] = {'1'} ;
unsigned char LED2[3] = {'2'} ;
unsigned char LED3[3] = {'3'} ;
unsigned char LED4[3] = {'4'} ;
unsigned char LED5[3] = {'5'} ;
unsigned char LED6[3] = {'6'} ;

unsigned char DATA;
unsigned char TEMP;

sbit RST = P3^6 ;

int n;

sbit sw1 = P1^0 ;
sbit sw2 = P1^1 ;
sbit sw3 = P1^2 ;
sbit sw4 = P1^3 ;

sbit L1  = P1^4 ;
sbit L2  = P1^5 ;
sbit L3  = P1^6 ;
sbit L4  = P1^7 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
bit SEND_REQ1 = 0 ; // REQUIRE TO SEND
bit SEND_REQ2 = 0 ;
bit SEND_REQ3 = 0 ;
bit SEND_REQ4 = 0 ;
bit SEND_REQ5 = 0 ;
bit SEND_REQ6 = 0 ;



void delay (unsigned int time)                                  //delay time
{
        char i,j;
        for (i=0;i<time;i++)
        for (j=0;j<time;j++);
}


void init_sio_interrupt(void)

{
  IT0 = 1;
  EX0 = 1;
  IT1 = 1;
  EX1 = 1;



  TR1 =0;
  TMOD=0x21;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  TH1=0xFD;

  TR1=1;

  SCON=0x50;
  RI=0;
  TI=0;
  EA=1;
  ES=1;
}
void serial_interrupt (void) interrupt 4

{

 if (TI==1)
 {
  TI = 0 ;
  if(SEND_REQ1 == 1)     // CHECK  SEND???
  {
    if(n < 1)
    {

    SBUF = LED1[n] ;
    n=n+1;
    }
    else
    {
    SEND_REQ1 = 0;
    n = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
}
else if(SEND_REQ2 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
  SBUF = LED2[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ2 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ3 == 1)          // CHECK  SEND???
{
  if(n < 1)
  {
  SBUF = LED3[n] ;
  n=n+1;
  }
  else
  {
  SEND_REQ3 = 0;
  n = 0;
  }
}
else if(SEND_REQ4 == 1)          // CHECK  SEND???
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
 if(n < 1)
 {
 SBUF = LED4[n] ;
 n=n+1;
 }
 else
 {
 SEND_REQ4 = 0;
 n = 0;
 }
}
else if(SEND_REQ5 == 1)          // CHECK  SEND???
{
 if(n < 1)
 {
 SBUF = LED5[n] ;
 n=n+1;
 }
 else
 {
 SEND_REQ5 = 0;
 n = 0;
 }
}
else if(SEND_REQ6 == 1)          // CHECK  SEND???
{
 if(n < 1)
 {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    SBUF = LED6[n] ;
    n=n+1;
    }
    else
    {
    SEND_REQ6 = 0;
    n = 0;
    }
  }

}


if(RI==1)
{
   RI = 0;  // clear flag RI
   TEMP = SBUF;  // READ  DATA
   if(TEMP == 'A' )
   {
                P1 = 0xEF ;
                delay(50);

   }
   else if(TEMP == 'B' )
   {

                P1 = 0xDF ;
                delay(50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
else if(TEMP == 'C' )
{

                P1 = 0xBF ;
                delay(50);

}
else if(TEMP == 'D' )
{

                P1 = 0x7F ;
          delay(50);

}
else if(TEMP == 'E' )
{

                P1 = 0x0F ;
                P2 = 0xFF;
          delay(50);

}
else if(TEMP == 'F' )
{

                P1 = 0xFF ;
                P2 = 0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    delay(50);

    }

  }
}
void ex0_isr (void) interrupt 0
{
  SEND_REQ5 = 1; // require to send
  TI = 1;
  P1 = 0x0F ;
  delay(100);

}
void ex1_isr (void) interrupt 2
{

  SEND_REQ6 = 1; // require to send
  TI = 1;
  P1 = 0xFF ;
  delay(100);

}

void main()
{

        init_sio_interrupt();
        P1 = 0xFF;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
P2 = 0x00;
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
delay(200);
while(1)
{

  while(sw1 == 1)
  {
        RST = 0;
        SEND_REQ1 = 1; // require to send
        TI = 1;
        delay(200);
        delay(200);
        SEND_REQ2 = 1; // require to send
        TI = 1;
        delay(200);
        delay(200);
        SEND_REQ3 = 1; // require to send
        TI = 1;
        delay(200);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
delay(200);
SEND_REQ4 = 1; // require to send
TI = 1;
delay(200);
delay(200);
}

        if(sw1 == 0)
        {
                //DATA = 0x41;
                SEND_REQ5 = 1; // require to send
                TI = 1;
                //P1 = 0xEF ;
                delay(50);

        }
        else if (sw2 == 0)
        {
                //DATA = 0x42;
                SEND_REQ2 = 1; // require to send
                TI = 1;
                //P1 = 0xDF ;
                delay(50);


        }
        else if (sw3 == 0)
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    //DATA = 0x43;
                    SEND_REQ3 = 1; // require to send
                    TI = 1;
                    //P1 = 0xBF ;
                    delay(50);

            }
            else if (sw4 == 0)
            {
                    //DATA = 0x44;
                    SEND_REQ4 = 1; // require to send
                    TI = 1;
                    //P1 = 0x7F ;
                    delay(50);

            }
    }
}
```

****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้งาน RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001

Coordinator/ End Device Setup and Operation

กำหนดให้ Module เป็น Coordinator โดยการ set พารามิเตอร์ CE เป็น "1" และ set ให้เป็น End Device CE=0

Coordinator Power-up

การทำงานของ Coordinator ถูกควบคุมโดยคำสั่ง A2 (Coordinator Association) ดังนี้

1. Check พารามิเตอร์ A2-Reassign_PAN ID Flag

Set (bit 0=1) coordinator ทำการปล่อยคำสั่ง Active Scan ที่จะไปเลือก 1 Channel และ ส่งคำสั่ง Beacon Request ไปยัง Broadcast address (0xFFFF) และ Broadcast PAN ID (0xFFFF) เวลาที่ Coordinator ดำเนินการบนแต่ละ Channel ถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อหมดเวลา Active Scan จะเลือก Channel อื่น และส่ง Beacon Request อีกครั้ง กระบวนการนี้จะทำต่อเนื่องจนกระทั่ง Channel ทั้งหมดถูก Scan เสร็จแล้ว หรือจนกระทั่ง 5 PAN ถูกค้นพบแล้ว เมื่อ Active Scan ทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ผลที่ได้ประกอบด้วย list ของ PAN ID และ Channel ที่จะถูกใช้ในการกำหนด PAN ID ที่เป็นเอกลักษณ์ให้ Coordinator ตัวใหม่ พารามิเตอร์ ID จะถูกจดจำไว้ ถ้ามันไม่ถูกพบในผลจาก Active Scan อีกในหนึ่งการ Set พารามิเตอร์ ID (PAN ID) จะถูกUpdateไปเป็น PAN ID ที่ไม่ตรวจพบ

Set (bit 0=0) coordinator จะจดจำการ Set ID ของตัวเอง Active Scan จะไม่ถูกดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Check พารามิเตอร์ A2-Reassign-Channel Flag(bit 1)

Set (bit 1=1) – coordinator ทำให้เกิด Energy Scan ที่จะเลือก Channel และ Scan energy บน Channel ช่วงเวลาที่ Scan energyนั้น ถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ SD(Scan Duretion) เมื่อ Scan energy บน Channel เสร็จสมบูรณ์แล้ว Energy Scan จะเลือก Channel ถัดไปและเริ่ม Scan channel ใหม่ กระบวนการนี้จะทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่ง Channel ทั้งหมด ถูก Scan หมดแล้ว

เมื่อ Energy Scan เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว ค่า Energy สูงสุดบนแต่ละ Channel ที่ถูกใช้กำหนด Channel ที่มี Energy น้อยที่สุดที่ถูกตรวจพบ ดังนั้นผลของ Energy Scan และ Active Scan (ถ้าดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว) ถูกใช้ในการหา Channel ที่ดีที่สุด คือ Channel ที่มี energy น้อยสุด เมื่อเลือก Channel ที่ดีที่สุดได้แล้ว ค่าพารามิเตอร์ CH(Channel)จะถูก Update ที่ Channel นั้น

Set (bit 1=0) Energy Scan ไม่ถูกดำเนินการ

3. Start Coordinator

Coordinator จะ Start บน CH(channel) พารามิเตอร์ PAN ID และ ID (Parameter) ที่ถูกระบุไว้อย่างชัดเจนที่ถูกเลือกตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 Coordinator จะอนุญาตให้ End Device สามารถ Association กับ Coordinatorได้ ถ้าพารามิเตอร์ A2 “Allow Association” flag ถูก Set

4. Coordinator Modification

เมื่อ Coordinator start เรียบร้อยแล้ว พารามิเตอร์ ID, CH, MY หรือ A2 (Reassign_ChannelหรือReassign_PAN ID bit) ไม่ควรถูกเปลี่ยน

End device Power-up

End device Power-up ถูกควบคุมโดยคำสั่ง A1 (End Device Association) ดังนี้

1. Check พารามิเตอร์ A1 – AutoAssociation Bit

Set (bit2 = 1) End device จะพยายาม associate กับ Coordinator

Set (bit2 = 0) End device จะไม่พยายาม associate กับ Coordinator

End device จะดำเนินการโดย พารามิเตอร์ ID,CH และ MY ของตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

End device เป็นผลให้เกิด Active Scan ที่จะเลือก Channel และส่งคำสั่ง Beacon Request ไปยัง Broadcast address (0xFFFF) เวลาที่ End device ถูก Scan กำหนดโดยพารามิเตอร์ SD เมื่อหมดเวลาบน Channel นั้น Active Scan จะเลือก Channel อื่น และจะส่งคำสั่ง Beacon Request อีกครั้ง กระบวนการนี้ดำเนินต่อเนื่องจนกระทั่ง Channel ทั้งหมดถูก Scan เสร็จแล้วหรือจนกระทั่ง 5 PAN ถูกค้นพบแล้ว เมื่อ Active Scan เสร็จสิ้นลงผลที่ได้จะประกอบด้วย list ของ PAN ID และ Channel ที่ถูกใช้เมื่อตรวจพบ PAN แล้ว

End device จะเลือก Coordinator เพื่อที่จะ Associate กันตามที่กล่าวไว้ในA1 parameter "Reassign-PAN ID" และ "Reassign-Channel" flag:

Reassign_PAN ID Bit set (bit0=1) End device สามารถ Associate กับ PAN ที่ any ID value

Reassign_PAN ID Bit set (bit0=0) End device จะ associate กับ PAN ที่ set ID ให้ตรงกับการ set ID ของ End device

Reassign_Channel Bit set (bit1=1) End device สามารถ Associate กับ PAN ที่ any CH value

Reassign_Channel Bit set (bit1=0) End device จะ Associate กับ PAN ที่ set CH ให้ตรงกับการ set CH ของ End device

End device จะเลือก PAN ที่ Transmission ที่มีคุณภาพดีที่สุด ถ้า Coordinator ไม่ถูกค้นพบ End device จะเข้าสู่ Sleep Mode (สั่งโดยพารามิเตอร์ SM) หรือพยายาม Association

3. Associate to Valid Coordinator

เมื่อ Coordinator ถูกพบ End device จะส่ง Association Request ไปยัง Coordinator และรอAssociation Confirmation ที่ถูกส่งมาจาก Coordinator เมื่อได้รับ Confirmation แล้ว End device จะถูก Associate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. End device Changes เมื่อ End device associate แล้ว

การเปลี่ยนพารามิเตอร์ A1,ID, หรือ CH จะเป็นผลให้ End device ไม่สามารถ associate และจะ Restart กระบวนการ Association ถ้า End device ไม่ได้ดำเนินการ Associate คำสั่ง AI สามารถให้รายละเอียดของความผิดพลาดจากการติดต่อ

XBee Addressing

ทุกๆ RF Data packet ที่ถูกส่งจะประกอบโดย Source Address และ Destination Address ในส่วนหัวของมัน RF Module conform ตาม IEEE 802.15.4 และ support ทั้ง 16-bit address และ 64-bit address

64-bit address ถูกกำหนดมาจาก Factory และสามารถอ่านด้วยคำสั่ง SL (Serial Number Low) และ SH(Serial Number High) 16-bit address ต้องถูก configure แบบ Manual ถ้าค่า MY (16-bit-network address) เป็น 0xFFFF หรือ 0xFFFE Module จะใช้ 64-bit address เป็น Source address

- ส่ง Packet แบบ16-bit addressing : set parameter DL(Destination Address Low) ให้เท่ากับ Parameter ของ MY และ Set parameter DH(Destination Address High) เป็น "0"
- ส่ง Packet แบบ 64-bit addressing : set Destination Address (DL+DH) ให้เข้ากันได้กับ Source Address (SL+SH) ของ Destination module ที่สนใจ

Unicast Mode

RF Module จะดำเนินการใน Unicast Mode ในขณะที่โมดูลตัวรับส่ง ACK (acknowledgement) ของ RF packet ไปยังตัวส่ง (transmitter) ถ้าโมดูลตัวส่งไม่รับ ACK จะส่ง Packet ใหม่จนถึง 3 ครั้ง หรือจนกระทั่ง ACK ถูกรับแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- short 16-bit addresses

Module สามารถใช้ 16-bit addresses เป็น Source Address โดยการ Set (MY<0xFFFE) การ Set parameter DH (DH=0) จะ Configure Destination Address ให้เป็น 16-bit address (if DL< 0xFFFE) สำหรับ 2 โมดูลที่ติดต่อกันใช้ short address Destination Address ของโมดูลตัวส่งจะต้องเข้ากันได้กับ Parameter MY ของตัวรับ

- long 64-bit addresses

Serial number (SL+SH) ของ RF Module สามารถใช้เป็น 64-bit source address เมื่อ Parameter MY (16-bit source address) ถูก Disable (MY = 0xFFFF หรือ0xFFFE)
Source address ของ Module จะถูก Set เป็น 64-bit address ที่เก็บไว้ใน Parameter SH และ SL

เมื่อ End device associate กับ Coordinator MY ของ End device จะถูก Set เป็น 0xFFFE เพื่อ Enable 64-bit address โดย 64-bit address ของ Module จะถูกเก็บๆไว้ใน Parameter SH และ SL เพื่อส่ง Packet ไปให้ Module นั้น Destination Address (DL+DH) บนโมดูลตัวส่ง จะต้องเข้ากันได้กับ serial number address (SL+SH) ของโมดูลตัวรับ

Broadcast Mode

เมื่อ Module ดำเนินการใน Broadcast Mode โดยโมดูลตัวรับจะไม่ส่ง ACK และ โมดูลตัวส่งจะไม่ส่ง Packet เหมือนในกรณีของ Unicast Mode

เมื่อส่ง Broadcast packet ไปยัง Module ทั้งหมดของ 16-bit หรือ 64-bit address Set address ปลายทางของ Module ดังนี้แสดงตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง Network Configuration (Module ทั้งหมดใน Network):

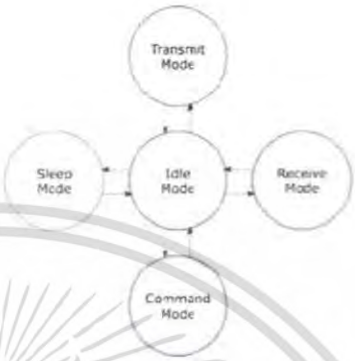
- DL(Destination Low address) = 0x0000FFFF
- DH(Destination High address) = 0x00000000 (default value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modes of Operation

XBee/XBee-PRO RF Modules operate in five modes.

Figure 2-07. Modes of Operation



Idle Mode

เมื่อไม่มีการรับหรือส่งข้อมูล RF Module จะอยู่ใน Idle Mode Module จะ Shift เข้าไปใน Mode อื่น ของการดำเนินการดังต่อไปนี้

- Transmit Mode (ID Buffer รับ Serial Data)
- Receive Mode (RF data ถูกรับผ่านทาง Antenna)
- Sleep Mode (เงื่อนไขการเข้าสู่ Sleep Mode)
- Command Mode (เงื่อนไขการเข้าสู่ Command Mode)

Transmit / Receive Mode

-RF Data Packet

Data Packet แต่ละอันถูกส่งจะประกอบด้วย Source Address และ Destination Address Source Address จะต้องเข้ากันได้กับ Address ของ Module ตัวส่งโดย Parameter MY(Source Address) (ถ้า MY >= 0xFFFE) Parameter SH (Serial Number High) หรือ SL (Serial Number Low) Destination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address ถูกกำหนดจาก ค่า Parameter DH(Destination Address High) และ DL(Destination Address Low) Source Address และ/หรือ Destination Address จะประกอบด้วย 16-bit หรือ 64-bit Address

-Direct and Indirect Transmission

มีวิธีการ 2 วิธีการในการส่งข้อมูล

- Direct Transmission : ข้อมูลจะถูกส่งโดยตรงไปยัง Destination Address set SP=0
- Indirect Transmission : Packet ถูกจดจำเป็นเวลาทั้งหมดหนึ่งคาบเวลา และจะถูกส่งไป Destination module (Source Address – Destination Address)ภายหลังที่ Destination module ร้องขอข้อมูล

Indirect transmission เกิดขึ้นบน Coordinator เท่านั้น ถ้าโหนดทั้งหมดใน Network เป็น End device จะส่งแบบ Direct transmission Indirect transmission จะถูกใช้เพื่อให้แน่ใจว่าได้ส่ง packet ถึง sleeping node แล้ว

-CCA (Clear Channel Assessment)

CCA ถูก Perform บน Channel ที่กำหนดไว้ ถ้า Channel นั้นถูกใช้เพื่อ transmission การ Detect energy บน Channel ถูกเปรียบเทียบกับค่า Parameter CA(Clear Channel Assessment) ถ้า Detect energy ดีกว่า ค่าของ Parameter CA packet จะไม่ถูกส่ง

-Acknowledgement

ถ้าการ Transmission ไม่ใช่ Broadcast message โดย Module นั้นจะรับ Acknowledgement จาก Destination node ถ้า Acknowledgement ไม่ถูกรับไป Packet จะถูกส่งกลับมากกว่า 3 ครั้ง ถ้า Acknowledgement ยังไม่ถูกรับ หลังจาก Transmisison ทั้งหมด ACK failure จะถูกแสดงให้เห็น

Sleep Mode

- Sleep_RQ (pin 9) ถูก assert (= “1”)
- Module อยู่ใน Idle Mode (ไม่มีการรับ - การส่ง) กำหนดโดย Parameter ST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Time before Sleep)

Table 2-04. Sleep Mode Configurations

Sleep Mode Setting	Transition into Sleep Mode	Transition out of Sleep Mode (wake)	Characteristics	Related Commands	Power Consumption
Pin Hibernate (SM = 1)	Assert (high) Sleep_RQ (pin 9)	De-assert (low) Sleep_RQ	Pin/Host-controlled / NonBeacon systems only / Lowest Power	(SM)	< 10 µA (@3.0 VCC)
Pin Doze (SM = 2)	Assert (high) Sleep_RQ (pin 9)	De-assert (low) Sleep_RQ	Pin/Host-controlled / NonBeacon systems only / Fastest wake-up	(SM)	< 50 µA
Cyclic Sleep (SM = 4 - 5)	Automatic transition to Sleep Mode as defined by the SM (Sleep Mode) and ST (Time before Sleep) parameters	Transition occurs after the cyclic sleep time interval elapses. The time interval is defined by the SP (Cyclic Sleep Period) parameter.	RF module wakes in pre-determined time intervals to detect if RF data is present / When SM = 5, NonBeacon systems only	(SM), SP, ST	< 50 µA when sleeping

-Pin/Host – Controlled Sleep Mode

Pin Hibernate (SM = 1)

- Pin/Host Controlled
- Typical power-down current : < 10 µA (3.0 Vcc)
- Wake-up time : 13.2 msec

เมื่อ Sleep_RQ ถูกset เป็น "1" Module จะสิ้นสุดการทำ Activities ต่างๆ เข้าสู่ Idle Mode และจึงเข้าสู่สถานะ Sleep module จะไม่ตอบสนองต่อ Serial หรือ RF activity ขณะที่อยู่ใน Pin Sleep

การที่จะปลุก Module จากการ Sleep ใน Pin Hibernate Mode (Sleep_RQ = 0) Module จะตื่นเมื่อ Sleep_RQ ถูก set เป็น "0" และพร้อมที่จะส่งหรือรับ เมื่อ CTS เป็น Low เมื่อ Module ตื่นขึ้น pin จะต้องsetเป็น "0" เป็นเวลาอย่างน้อยที่สุด 2 byte times หลังจาก CTS เป็น Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Doze (SM = 2)

- Pin/Host Controlled
- Typical power-down current : < 50 µA
- Wake-up time : 2 msec

Pin Doze Mode จะเหมือนกับ Pin Hibernate Mode อย่างไรก็ตาม Pin Doze จะตื่นเร็วกว่าและ Power consumption สูงกว่า

การที่จะปลุก Module จากการ Sleep ใน Pin Hibernate Mode (Sleep_RQ = 0) Module จะตื่นเมื่อ Sleep_RQ ถูก Set เป็น "0" และพร้อมที่จะส่งหรือรับ เมื่อ CTS เป็น Low เมื่อ Module ตื่นขึ้น Pin จะต้อง Set เป็น "0" เป็นเวลาอย่างน้อยที่สุด 2 byte times หลังจาก CTS เป็น Low

Cyclic Sleep Modes

Cyclic Sleep Mode (SM = 4)

- Typical power-down current : < 50 µA
- Wake-up time : 2 msec

Cyclic Sleep Modes จะอนุญาตให้ Module check RF data เป็นช่วงๆเมื่อ Parameter SM ถูก Set เป็น "4" Module จะถูกทำให้หลับจากนั้นจะตื่น 1ครั้งต่อไซเคิล เพื่อตรวจสอบว่ามี Data จาก Module configure เป็น Cyclic Sleep Coordinator (SM=0 , CE=1)

Cyclic sleep Remote จะส่ง Poll Request ไปยัง Coordinator ในช่วงเวลาที่ตั้งค่าโดย Parameter SP (Cyclic Sleep Period) Coordinator จะส่ง Any queued data address ไปยัง Remote ตัวนั้นในเวลาการรับ Poll Request

ถ้าไม่มี Data ที่จะส่งให้ Remote อยู่ใน Queue Coordinator จะไม่ส่ง Data และ Remote จะกลับไปทำ Sleep mode ถ้า Queued data ถูกส่งกลับไปยัง Remote โดย Remote จะยังคงตื่นเพื่ออนุญาตให้ มีการติดต่อกันจนกระทั่ง ST(Time before sleep) หมดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cyclic Sleep Mode with Pin Wake-up (SM = 5)

ใช้ Mode นี้ในการปลุก Remote ที่หลับอยู่ในแต่ละ RF interface หรือโดยให้ Sleep_RQ เป็น "0"

Cyclic Sleep Mode จะทำงานดังที่กล่าวไว้ข้างต้น (Cyclic sleep Remote) กับส่วนที่เพิ่มเข้ามาคือ Pin ที่ควบคุมการตื่นของ Remote module โดย Module จะตื่นเมื่อ CTS เป็น Low ในขณะที่พร้อมที่จะส่งหรือรับ

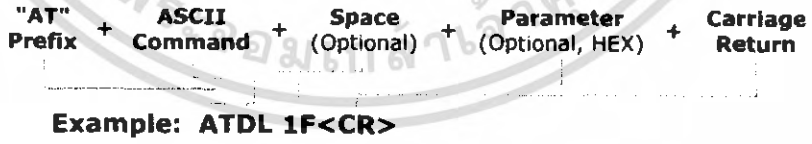
Activity จะ Reset ST(Time before sleep) ดังนั้น Module จึงจะกลับไปหลับภายหลังจากที่ไม่มี Activity ในช่วงระยะเวลาของ ST เมื่อ Module ตื่นขึ้นอีกครั้ง (ควบคุมโดย Pin) นอกจากนี้ Pin activity ถูกเพิกเฉย Module จะกลับสู่ Sleep Mode ตามที่ ST time ถูกกำหนดของสถานะของ Pin

Cyclic Sleep Coordinator (SM = 6)

- Typical current = Receive current
- Always awake

Module จะปลุก Remote ที่หลับอยู่ (Cyclic Sleep) Coordinator จะยอมรับ Message address ไปยัง 16-bit หรือ 64-bit address และ คงค่ามันใน Buffer จนกระทั่ง Remote ตื่นและส่ง Poll request Message ไม่ส่งโดยตรง (buffer และ request) ถูกเรียก "Indirect messages" Coordinator จะคงค่า Indirect message ใน 1 คาบเวลา 2.5 times คาบเวลาในการหลับแสดงโดย Paremeter SP(Cyclic Sleep Mode) ซึ่งค่า SP ของ Coordinator ควรจะถูก set ให้ตรงกับค่าที่ใช้ใน remote

การใช้ *AT Command*



เช่น อ่านค่า พิมพ์ ATDL enter <0>

เปลี่ยนค่า พิมพ์ ATDL 02 enter <OK>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้าออก AT Command

การเข้า AT Command

- เข้าโดยใช้หลัก GT+CC+GT

GT คือเวลาที่จะใช้ check ว่าในช่วงเวลานั้นไม่มีตัวอักษรใดเข้ามาทาง Buffer ของXBee กำหนดได้ตั้งแต่ 2-0x0CE4 [* 1 ms] default 0x3E8 (1000 ฐาน10 คูณ 1 ms ได้ 1 sec)

CC คือตัวอักษร 3 ตัวใช้สำหรับเข้า AT Command ถูกกำหนดไว้ว่าต้องพิมพ์ 3 ตัวใน1 sec กำหนดได้ตั้งแต่ 0-0xFF default 0x2B (เครื่องหมาย +)

การออก AT Command

- Auto ออก โดยการถูกกำหนดค่า CT ไว้ กำหนดได้ตั้งแต่ default 2-0xFFFF [* 100 ms] 0x64 (100 ฐาน10 คูณ 100 ms ได้ 10 sec)
- ออกเอง ใช้ CN ก็จะออก AT Command ทันที

อธิบายคำสั่ง AT Command

AT Command	Description	Parameter Range	Default
WR	**Write** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อเก็บค่าต่างๆลงใน non-volatile memory เพื่อที่เมื่อถูกresetค่าparameter ต่างๆจะไม่หายไป	-	-
RE	**Restore Defaults** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อคืนค่าdefault parameter ต่างๆ ให้กลับmodule (factory default parameter)	-	-
FR	**Software Reset** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อreset ค่าparameter และlist ของการเชื่อมต่อทั้งหมด	-	-
CH	**Channel** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า operating channel เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายใน Network	0x0B - 0x1A (XBee) 0x0C - 0x17 (XBee-PRO)	0x0C (12d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ID	**PAN ID** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า PAN ID เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายใน Network	0 - 0xFFFF	0x3332 (13106d)
DH	**Destination Address High** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า Destination Address High(32 bit) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายใน Network	0 - 0xFFFFFFFF	0
DL	**Destination Address Low** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า Destination Address Low (32 bit) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายใน Network	0 - 0xFFFFFFFF	0
MY	**16-bit Network Address** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า 16-bit Network Address เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายใน Network	0 - 0xFFFF	0
SH	**Serial Number High** : read ค่า Serial Number High (64 bit) ที่ให้มาตั้งแต่ที่ Factory	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	Factory-set
SL	**Serial Number Low** : read ค่า Serial Number Low (64 bit) ที่ให้มาตั้งแต่ที่ Factory	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	Factory-set
CE	**Coordinator Enable** : set/read the coordinator setting	0 - 1 0 = End Device 1 = Coordinator	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT Command	Description	Parameter Range	Default
A1	**End device Association**: set/read End device association option bit 0 - ReassignPanID 0 - Will only associate with Coordinator operating on PAN ID that matches module ID 1 - May associate with Coordinator operating on any PAN ID bit 1 - ReassignChannel 0 - Will only associate with Coordinator operating on matching CH Channel setting 1 - May associate with Coordinator operating on any Channel bit 2 - AutoAssociate 0 - Device will not attempt Association 1 - Device attempts Association until success Note: This bit is used only for Non-Beacon systems. End Devices in Beacon-enabled system must always associate to a Coordinator bit 3 - PollCoordOnPinWake 0 - Pin Wake will not poll the Coordinator for indirect (pending) data 1 - Pin Wake will send Poll Request to Coordinator to extract any pending data bits 4 - 7 are reserved	0 - 0x0F [bitfield]	0
A2	**Coordinator Association**. Set/Read Coordinator association options. *bit 0 - ReassignPanID*	0 - 7 [bitfield]	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	0 - Coordinator will not perform Active Scan to locate available PAN ID. It will operate on ID (PAN ID). 1 - Coordinator will perform Active Scan to determine an available ID (PAN ID). If a PAN ID conflict is found, the ID parameter will change. bit 1 - ReassignChannel 0 - Coordinator will not perform Energy Scan to determine free channel. It will operate on the channel determined by the CH parameter. 1 - Coordinator will perform Energy Scan to find a free channel, then operate on that channel. bit 2 - AllowAssociation 0 - Coordinator will not allow any devices to associate to it. 1 - Coordinator will allow devices to associate to it. bits 3 - 7 are reserved		
AT Command	**Description**	**Parameter Range**	***Default***
SM	**Sleep Mode**: 0 = No Sleep 1 = Pin Hibernate 2 = Pin Doze 3 = Reserved 4 = Cyclic sleep remote 5 = Cyclic sleep remote w/ pin wake-up 6 = [Sleep Coordinator] for backwards compatibility w/ v1.x6 only; otherwise, use CE command.	0 - 5	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ST	**Time before Sleep:เป็นช่วงเวลาก่อนการเข้าสู่** sleep mode โดยถ้ามีการส่ง-รับเกิดขึ้นจะเป็นการreset ค่า ST ให้เริ่มต้นใหม่	1 - 0xFFFF [x 1 ms]	0x1388 (5000d)
SP	**Cyclic Sleep Period** : เป็นช่วงเวลาของการหลับซึ่งจะตื่นอีกทีตามเวลาที่กำหนดไว้(SP)	0 - 0x68B0 [x 10 ms]	0
CT	**Command Mode Timeout.** Set/Read the period of inactivity (no valid commands received) after which the RF module automatically exits AT Command Mode and returns to Idle Mode.	2 - 0xFFFF [x 100 ms]	0x64 (100d)
CN	**Exit Command Mode.** Explicitly exit the module from AT Command Mode.	-	-
GT	**Guard Times.** Set required period of silence before and after the Command Sequence Characters of the AT Command Mode Sequence (GT+ CC + GT). The period of silence is used to prevent inadvertent entrance into AT Command Mode.	2 - 0x0CE4 [x 1 ms]	0x3E8 (1000d)
CC	**Command Sequence Character.** Set/Read the ASCII character value to be used between Guard Times of the AT Command Mode Sequence (GT+CC+GT). The AT Command Mode Sequence enters the RF module into AT Command Mode.	0 - 0xFF	0x2B ('+' ASCII)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้