สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

# MICROCONTROLLER APPLICATION FOR HOUSE SECURITY

T104218

โดย

นางสาวปิยพร หารธุจิต

นางสาวศศิธร ชุณหอโณทัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104218
วัน,เดือน,ปี 30 ต.ค. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551**

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

MICROCONTROLLER APPLICATION FOR HOUSE SECURITY


ผู้จัดทำ นางสาวปิยพร หารธุจิต 48010543

นางสาวศศิธร ชุณหอโณทัย 48010876


.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. นพดล มณีรัตน์)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

โดย
นางสาวปิยพร หารธุจิต 48010543
นางสาวศศิธร ชุณหอโณทัย 48010876

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2551

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันระบบการสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือหรืออินเตอร์เน็ต ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เนื่องจากการติดต่อสื่อสารระหว่างกันเป็นสิ่งสำคัญในการอยู่ร่วมกันในสังคมปัจจุบัน ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถสนองตอบความต้องการของมนุษย์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ทั่วโลก ไม่เว้นแม้กระทั่งในชนบทที่ห่างไกล โครงงานนี้จึงได้นำเอาประโยชน์ของการสื่อสารทั้งสองแบบ มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยผ่านระบบข้อความสั้น (SMS) และเว็บเพจ (Web Page) เพื่อความสะดวกและปลอดภัยของเจ้าของบ้าน และเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตามการสื่อสารทั้งสองช่องทางนี้ ยังคงมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่บ้าง ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นๆ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MICROCONTROLLER APPLICATION FOR HOUSE SECURITY

By

Miss Piyaporn Harntujit 48010543

Miss Sasithorn Choonha-anothai 48010876

Advisor

Dr. Noppadol Maneerat

Academic year 2008

## ABSTRACT

Nowadays, the communication such as mobile phone and internet become to an important part of human lifestyle. Because of the communication is important for cohabitation in social. Then mobile phone and internet become to a choice to respond human demand in communication easily and comfortably, and they can communicate each other everywhere in the world. This project applies both mobile phone system and internet to control electrical equipments via SMS (Short Message Service) and internet. A user can monitor the house security on webpage comfortably and efficiently. However, the system performances depend on the environment conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบรักษาความปลอดภัยในบ้านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Application for House Security) ฉบับนี้คงจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ถ้าขาดการสนับสนุน ความช่วยเหลือ ตลอดจนกำลังใจจากหลายๆ ฝ่าย อาทิ

ดร. นพดล มณีรัตน์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีตลอดการทำโครงงาน

คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดจนอำนวยความสะดวกในเรื่องของอุปกรณ์ สถานที่ งบประมาณ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยไถ่ถามความคืบหน้า ให้กำลังใจ และให้ความสนับสนุนในทุกๆ ด้าน

เพื่อนๆ รุ่นพี่และรุ่นน้องทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ คอยถามไถ่ ให้คำปรึกษาและช่วยเหลืออยู่เสมอ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นางสาวปิยพร หารธุจิต 48010543

นางสาวศศิธร ชุณหอโณทัย 48010876

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อ** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| **สารบัญ** | IV |
| **สารบัญภาพ** | V |
| **สารบัญตาราง** | VI |
| **บทที่ 1 บทนำ** | |
| 1.1 ความเป็นมาของโครงงาน | 1 |
| 1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี** | |
| 2.2 หลักการทำงานโดยรวมของวงจร | 3 |
| 2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม | 4 |
| 2.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับการเปิดประตู หน้าต่าง | 4 |
| 2.3.2 เครื่องตรวจจับความร้อน | 5 |
| 2.3.3 เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว | 6 |
| 2.3.4 เครื่องตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector) | 6 |
| 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ | 8 |
| 2.4.1 คุณสมบัติที่สำคัญ | 9 |
| 2.4.2 ขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุต | 10 |
| 2.5 การรับส่งข้อความสั้น (SMS) | 14 |
| 2.5.1 AT Command | 14 |
| 2.5.2 กลุ่มคำสั่งในการส่งเอสเอ็มเอส | 16 |
| 2.5.3 กลุ่มคำสั่งในการควบคุมและดูสถานะของโทรศัพท์มือถือ | 17 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.5.4 กลุ่มคำสั่งบริการเครือข่าย | 18 |
| 2.5.5 การรับข้อความสั้น (SMS) ในพีดียูโหมด | 18 |
| 2.5.6 การส่งข้อความ SMS ในพีดียูโหมด | 20 |
| 2.6 การรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย | 21 |
| 2.6.1 Wireless Sensor Network | 21 |
| 2.6.2 IEEE 802.15.4 | 22 |
| 2.6.3 Zigbee | 25 |
| 2.7 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม | 26 |
| 2.7.1 การสื่อสารแบบอนุกรม | 26 |
| 2.7.2 มาตรฐาน RS-232 | 26 |
| 2.7.3 การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9 | 28 |
| 2.7.4 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม | 29 |
| 2.8 ภาษา SQL (Structured Query Language) | 31 |
| 2.8.1 ประเภทของคำสั่งภาษา SQL | 31 |
| **บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบ** | |
| 3.1 หลักการออกแบบ | 38 |
| 3.1.1. Main Circuit | 38 |
| 3.1.2. RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต | 39 |
| 3.2 วงจรใช้งาน | 40 |
| 3.2.1 วงจรไฟเลี้ยง (Power Supply) | 40 |
| 3.2.2 วงจรขยายกระแส | 40 |
| 3.2.3 วงจร RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต | 41 |
| 3.2.4 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temp Sensor) | 42 |
| 3.2.5 วงจรหลัก (Main Circuit) | 42 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


หน้า

**บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง**

4.1 การทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ของโทรศัพท์มือถือ 46

4.2 การทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ ของ RF Module 48

4.3 การทดลองการทำงานของวงจร 49

**บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์**

5.1 สรุปผลการทดลอง 58

5.2 ปัญหาในการดำเนินการ 58

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา 59

**เอกสารอ้างอิง** 60

**ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน** 62

**ภาคผนวก ข การใช้งาน RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001** 67

**ภาคผนวก ค เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์** 80

ค-1 เอกสารคู่มือการใช้งาน PIC16F87X 80

ค-2 เอกสารคู่มือการใช้งาน DS 1820 1-Wire™ Thermometer 89



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | อุปกรณ์ตรวจจับการเปิดประตู หน้าต่าง | 4 |
| 2.2 | อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน | 5 |
| 2.3 | เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR Detector) | 6 |
| 2.4 | การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอออนไนเซชั่น | 7 |
| 2.5 | เครื่องตรวจจับควันไฟ | 7 |
| 2.6 | บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) PIC16F877 | 8 |
| 2.7 | ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 | 10 |
| 2.8 | การเข้ารหัสพีดียูของคำว่า ALERT | 15 |
| 2.9 | Wireless Sensor Network | 21 |
| 2.10 | IEEE 802.15.4 LR-WPAN star topology | 23 |
| 2.11 | IEEE 802.15.4 peer-to-peer network topology | 23 |
| 2.12 | IEEE 802.15.4 cluster-tree network topology | 24 |
| 2.13 | TCP/IP Model และ OSI Model | 24 |
| 2.14 | ZigBee is built on the robust physical and media-access-control layer by IEEE.802.15.4 standard | 25 |
| 2.15 | การส่งข้อมูลแบบอนุกรม | 26 |
| 2.16 | ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL | 27 |
| 2.17 | พอร์ตอนุกรมของพีซี DB-9 ตัวผู้ (Male) | 28 |
| 2.18 | พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB-9 ตัวเมีย (Female) | 28 |
| 2.19 | ตำแหน่งของขา DB-9 | 28 |
| 2.20 | การสื่อสารแบบซิงโครนัส | 30 |
| 2.21 | การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส | 30 |
| 2.22 | ตัวอย่างตารางฐานข้อมูล | 31 |
| 3.1 | ภาพรวมของการออกแบบวงจร | 39 |
| 3.2 | วงจร Power Supply | 40 |
| 3.3 | วงจรขยายกระแส | 40 |
| 3.4 | RF Module (XBee) เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต | 41 |
| 3.5 | RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตที่เสร็จสมบูรณ์ | 41 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 3.6 | เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ | 42 |
| 3.7 | วงจรหลัก (Main Circuit) | 43 |
| 3.7 | วงจรหลักที่เสร็จสมบูรณ์ | 44 |
| 3.9 | การต่อวงจรหลักเข้ากับเซนเซอร์และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า | 44 |
| 3.10 | รูปแบบการทำงานของวงจร | 45 |
| 4.1 | แสดงการกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ | 46 |
| 4.2 | แสดงคำสั่งที่ใช้ติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ | 47 |
| 4.3 | แสดงการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์ | 47 |
| 4.4 | แสดงการกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับRF Module | 48 |
| 4.5 | (ก) แสดงคำสั่งAT – Command สำหรับ Coordinator | 48 |
| | (ข) แสดงคำสั่งAT – Command สำหรับ End device | |
| 4.6 | การต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับวงจรหลัก | 49 |
| 4.7 | แสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรหลักกับโทรศัพท์มือถือ | 50 |
| 4.8 | แสดงการส่งการแจ้งเตือนจากวงจรหลักไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต | 51 |
| 4.9 | แอพพลิเคชั่นที่ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม | 52 |
| 4.10 | แสดงการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม | 53 |
| 4.11 | ระบบฐานข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน | 53 |
| 4.12 | ระบบฐานข้อมูลรายละเอียดของผู้ใช้ | 53 |
| 4.13 | ลำดับการเชื่อมต่อข้อมูลของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต | 54 |
| 4.14 | แสดงการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตของผู้ใช้ | 55 |
| 4.15 | แสดงการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตของผู้ดูแลระบบ | 55 |
| 4.16 | การแสดงสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับตามจุดต่างๆภายในบ้าน | 56 |
| 4.17 | การแก้ไขข้อมูลของผู้รักษาระบบ (1) | 56 |
| 4.18 | การแก้ไขข้อมูลของผู้รักษาระบบ (2) | 57 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGF | 16 |
| 2.2 รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGS | 16 |
| 2.3 รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBS | 17 |
| 2.4 รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBR | 17 |
| 2.5 รูปแบบของคำสั่ง AT+CLIP | 18 |
| 2.6 การแปลความหมายข้อความที่ได้รับในพีดียูโหมด | 19 |
| 2.7 การแปลความหมายข้อความที่ส่งในพีดียูโหมด | 20 |
| 2.8 การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบDB-9 และ DB-25 | 28 |
| 2.10 การกำหนด type ของฟิลด์ต่างๆ | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างแพร่หลาย มีการนำเอาระบบควบคุมอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ภายในบ้านกันมากขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกสบายของตัวผู้อยู่อาศัยเองหรือแม้กระทั่งนำมาใช้ในการป้องกันอันตรายจากการโจรกรรมต่างๆ ที่นับวันยิ่งเพิ่มจำนวนมากขึ้นโดยเฉพาะในสังคมเมือง

เทคโนโลยีการสื่อสารที่มีการพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วจนอาจกล่าวได้ว่าเป็นยุคของการสื่อสารไร้พรมแดนนั้น ได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือหรืออินเตอร์เน็ต ซึ่งสามารถทำให้การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็ว และง่ายดาย ไม่ว่าจะอยู่ส่วนใดของโลกก็ตาม

ดังนั้นโครงงานนี้จึงมีแนวความคิดในการที่จะนำเอาระบบควบคุมอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการสื่อสารเพื่อความสะดวกสบายและความปลอดภัยภายในที่อยู่อาศัย ด้วยการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและแสดงการทำงานของระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้านผ่านการส่งข้อความสั้น (SMS) และระบบอินเตอร์เน็ต เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้านได้ด้วยตนเองในขณะที่ไม่อยู่บ้าน ซึ่งเป็นสิ่งที่ค่อนข้างจำเป็นในสังคมปัจจุบันอันเป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านต่างๆ ที่มีผลต่อดำรงชีวิต ไม่ว่าจะเป็นการที่มนุษย์ต้องออกไปทำงานนอกบ้านกันมากขึ้น ปัญหาการจราจรติดขัดหรือราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเดินทางไปกลับระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ดังจะเห็นได้จากการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่องของบริษัทรับติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติและระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆ

## 1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2. เพื่อศึกษาการรับส่งข้อมูลผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่
3. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพื่อนำไมโครคอนโทรเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน
5. เพื่อศึกษาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตและการส่งผ่านข้อมูลทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต
2. ศึกษาการเชื่อมต่อเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่และการส่งผ่านข้อมูลทางเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่
3. ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทลเลอร์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเปิดปิดและตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบเตือนภัยภายในบ้านได้
2. สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านโดยสั่งการผ่านทางการส่งข้อความสั้น (SMS) ได้
3. สามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบเตือนภัยภายในบ้านผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบเวลาจริง ( real time) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎี

## 2.1 รายละเอียดและขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบเตือนภัยต่างๆ ภายในบ้าน เพื่อความสะดวกสบายและความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัย โดยการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) PIC16F877 มาใช้เป็นตัวควบคุม และนำเอาอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (RF Module) ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 มาใช้เป็นตัวรับส่งข้อมูลจากวงจรควบคุมไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นภายในบ้าน นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเทคโนโลยีการส่งข้อความสั้น (SMS) ของโทรศัพท์มือถือมาประยุกต์ใช้ในการสั่งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอีกด้วย โดยการทำงานของวงจรเริ่มจากการต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เซนเซอร์ (Sensor) โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (RF Module) เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นผู้อยู่อาศัยจะสามารถสั่งการเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยผ่านทางการส่งข้อความสั้น (SMS) ของโทรศัพท์มือถือ ในทางกลับกันเมื่อเซนเซอร์มีการตรวจจับเกิดขึ้น เซนเซอร์เหล่านั้นก็จะทำการส่งสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการประมวลผลแล้วส่งการแจ้งเตือนเป็นข้อความสั้น (SMS) ไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้อยู่อาศัย นอกจากนี้ระบบควบคุมอัตโนมัตินี้ยังสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเซนเซอร์ต่างๆ ผ่านทางหน้าเว็บเพจ (Web Page) ในระบบอินเตอร์เน็ตได้อีกด้วย

## 2.2 หลักการทำงานโดยรวมของวงจร

เริ่มต้นในส่วนของภาคจ่ายไฟ โดยการใช้ไอซี (IC) เบอร์ LM7805 ในการแปลงแรงดันไฟจาก 9 โวลต์ให้เหลือ 5 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์บัฟเฟอร์ และใช้ไอซีเบอร์ KIA278R33PI เพื่อทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 5 โวลต์ ให้เหลือเพียง 3.3 โวลต์ สำหรับใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (RF Module) ซึ่งการทำงานของวงจรจะแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับมีการส่งสัญญาณมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ต่ออยู่กับวงจรหลัก (Main Circuit) ผ่านทางสายดาต้าลิงค์ (Data link) แบบซีเรียล (Serial) จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

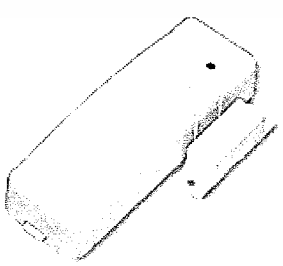
โทรศัพท์มือถือก็จะส่งข้อความแจ้งเตือนโดยผ่านทางข้อความสั้น (SMS) ไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งาน ในขณะเดียวกันก็จะมีการส่งสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (RF Module) ด้วย ซึ่งอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายนี้ก็จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายอีกตัวหนึ่งซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับระบบอินเตอร์เน็ต และนำข้อมูลที่ได้รับนั้นแสดงผลออกทางเว็บเพจเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะได้ตลอดเวลา อีกส่วนหนึ่งคือเมื่อมีการสั่งการผ่านทางข้อความสั้น (SMS) จากโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งานมายังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องโทรศัพท์มือถือที่อยู่ที่วงจรหลักก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนไว้แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิดตามต้องการ

## 2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งแปลกปลอม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมหรืออุปกรณ์เตือนภัยต่างๆ มีให้เลือกใช้มากมายหลายชนิดตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและหลักการทำงานแตกต่างกันไปดังนี้

### 2.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับการเปิดประตู หน้าต่าง (Door/Window Detector)

อุปกรณ์จะถูกติดตั้งอยู่ที่ขอบประตูหรือหน้าต่างเพื่อป้องกันการบุกรุก โดยจะส่งสัญญาณเตือนภัยเมื่ออุปกรณ์ทั้งสองชิ้นแยกห่างจากกัน (ประตูหรือหน้าต่างถูกเปิดออก) โดยอุปกรณ์จะมีลักษณะเป็นสวิทช์ที่สามารถเปิดปิดตามสนามแม่เหล็ก ซึ่งสนามแม่เหล็กจะมาจากแม่เหล็กอันเล็กๆ ที่ฝังไว้ที่ตัวประตูหรือหน้าต่าง ส่วนตัวสวิทช์มักจะถูกฝังไว้ที่วงกบขอบประตูหรือหน้าต่าง เมื่อมีการเปิดปิดประตูก็จะทำให้สนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงเหนี่ยวนำให้สวิทช์มีการเปิดปิดตามไปด้วย ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสามารถทราบได้จากการที่ค่าความต้านทานในวงจรเปลี่ยนไปเนื่องจากการเปิดปิดของสวิทช์



**รูปที่ 2.1** อุปกรณ์ตรวจจับการเปิดประตู หน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3.2 เครื่องตรวจจับความร้อน (Heat Detector)**

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน แบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

**2.3.2.1 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (Rate-of-Rise Heat Detector)** อุปกรณ์ชนิดนี้จะทำงานเมื่อมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 10 องศาเซลเซียสใน 1 นาที ส่วนลักษณะการทำงานคือ อากาศในส่วนด้านบนของส่วนรับความร้อนเมื่อถูกความร้อนจะขยายตัวอย่างรวดเร็วมากจนอากาศที่ขยายไม่สามารถเล็ดลอดออกมาในช่องระบายได้ ทำให้เกิดความดันสูงมากขึ้นและไปดันแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ให้ดันขาคอนแทค (Contract) แตะกัน ทำให้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนนี้ส่งสัญญาณไปยังตู้ควบคุม

**2.3.2.2 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดจับอุณหภูมิคงที่ (Fixed Temperature Heat Detector)** อุปกรณ์ชนิดนี้จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของเซนเซอร์สูงถึงจุดที่กำหนดไว้ ซึ่งมีตั้งแต่ 60 องศาเซลเซียสไปจนถึง 150 องศาเซลเซียส การทำงานอาศัยหลักการของโลหะสองชนิดเมื่อถูกความร้อนแล้วมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่แตกต่างกัน เมื่อนำโลหะทั้งสองมาแนบติดกันและให้ความร้อนจะเกิดการขยายตัวที่แตกต่างกันทำให้เกิดการบิดโค้งงอไปอีกด้านหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิลดลงก็จะกลับคืนสู่สภาพเดิม

**2.3.2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนชนิดรวม (Combination Heat Detector)** อุปกรณ์ชนิดนี้จะรวมเอาคุณสมบัติของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและคุณสมบัติของอุณหภูมิคงที่เข้ามาอยู่ในตัวเดียวกัน เพื่อตรวจจับความร้อนที่เกิดขึ้นได้ทั้งสองลักษณะ

**รูปที่ 2.2** อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Detector)

เป็นอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared) โดยจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า PIR (Passive Infrared Receiver) ซึ่งทำมาจากวัสดุประเภทไพโรอิเล็กทริค (Pyroelectric) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะคือให้สนามไฟฟ้าพลังงานสูงเมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลง มาใช้ในการตรวจสอบรังสีอินฟราเรด (Infrared) ที่มาจากร่างกายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ในแต่ละรุ่นจะมีระยะการตรวจจับและคุณสมบัติพิเศษต่างๆ กันไปตามผู้ผลิตในแต่ละราย

**รูปที่ 2.3** เครื่องตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR Detector)

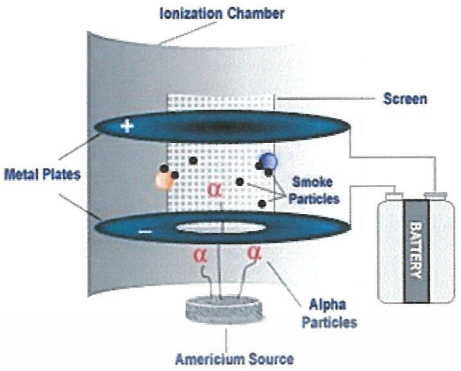
### 2.3.4 เครื่องตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector)

เครื่องตรวจจับควันไฟ ใช้ตรวจจับควันไฟและส่งสัญญาณเตือนภัยเมื่อมีความหนาแน่นของควันในระดับที่ตั้งค่าไว้ เป็นการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ในระยะเริ่มต้น ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector) แบ่งออกเป็นสองแบบ ดังนี้

#### 2.3.4.1 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอออนไนเซชั่น (Ionization Smoke Detector)

อุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ตรวจจับสัญญาณควันในระยะเริ่มต้นที่มีอนุภาคของควันเล็กมาก ทำงานโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางไฟฟ้าโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสีปริมาณน้อยมากที่อยู่ในแชมเบอร์ (Chamber) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับอากาศที่อยู่ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ ทำให้ความนำไฟฟ้า (Conductivity) มีค่าเพิ่มขึ้น มีผลให้กระแสสามารถไหลผ่านได้โดยสะดวก เมื่อมีอนุภาคของควันเข้ามาในเซนซิ่งแชมเบอร์ (Sensing Chamber) นี้ อนุภาคของควันจะไปรวมตัวกับไอออน (Ion) ส่งผลให้การไหลของกระแสลดลง ซึ่งจะทำให้ตัวตรวจจับควันแจ้งสถานะเตือน (Alarm) ทันที การทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.4** การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดไอออนไนเซชั่น

**2.3.4.2 อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดโฟโต้อิเล็กตริก (Photoelectric Smoke Detector)**

อุปกรณ์ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ตรวจจับสัญญาณควันในระยะที่มีอนุภาคของควันที่ใหญ่ขึ้น มีหลักการทำงานสองแบบคือ แบบหักเหของแสงและแบบใช้ควันกีดขวางแสง

**2.3.4.2.1 แบบควันกีดขวางแสง (Light Obscuration)** ทำงานโดยใช้แหล่งกำเนิดแสง (Emitted Light) ยิงเข้าที่ตัวรับแสง (Detector Light) เมื่อไม่มีควันไฟปริมาณแสงจะคงที่ๆ ค่าหนึ่งเสมอ เมื่อมีอนุภาคควันเข้ามา อนุภาคควันจะเข้าไปกีดขวางลำแสง ทำให้แสงที่ส่องเข้าตัวรับแสงต่ำลงเรื่อยๆ จนถึงค่าที่กำหนดไว้ระบบก็จะทำงาน

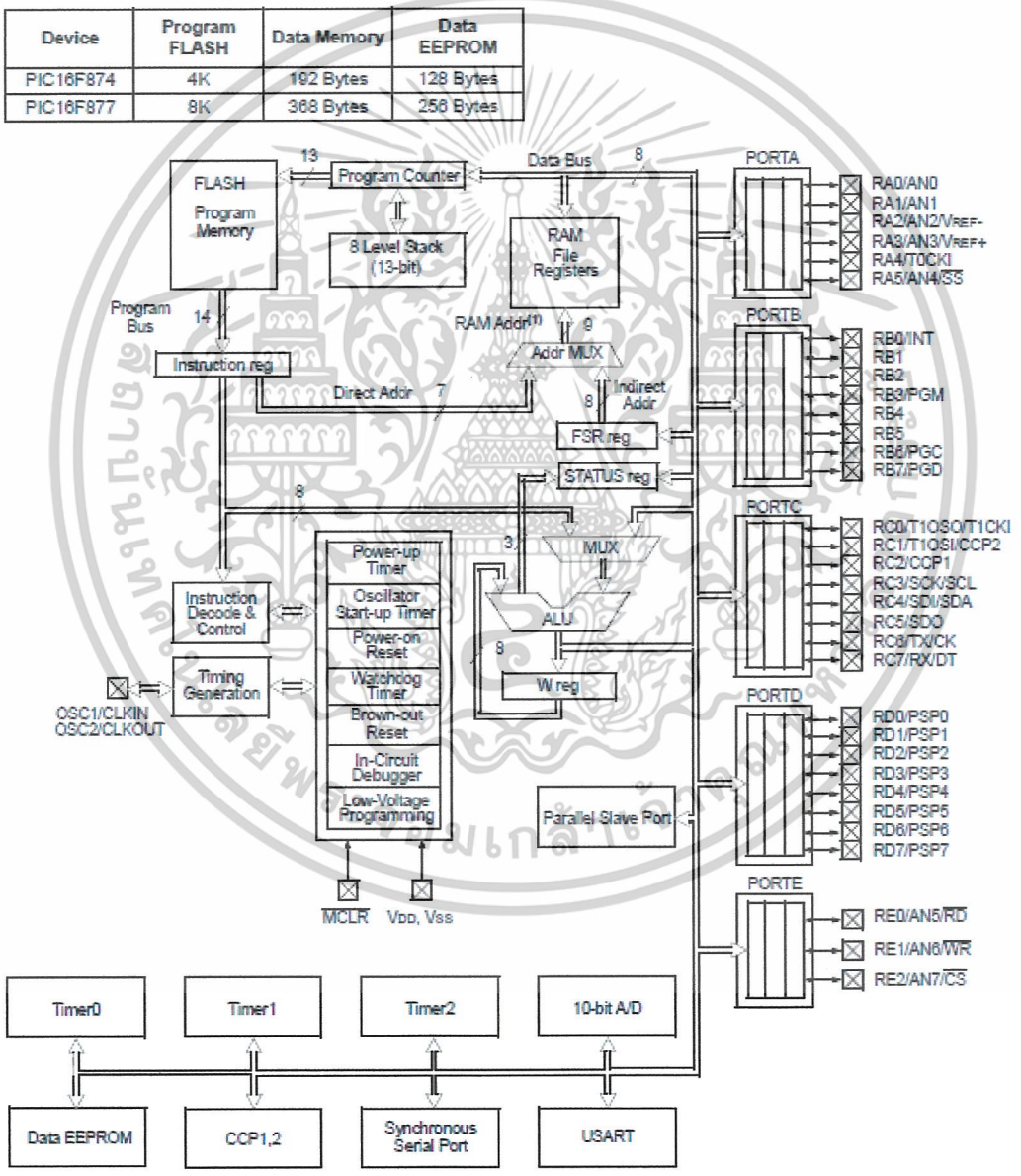
**2.3.4.2.2 แบบหักเหแสง (Light Scattering)** ทำงานโดยมีแหล่งกำเนิดแสงแต่จะไม่ยิงไปที่ตัวรับแสงโดยตรง จะอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีอนุภาคควันเข้ามาในอุปกรณ์ อนุภาคควันจะหักเหแสงบางส่วนไปที่ตัวรับแสง เมื่อมีควันมากขึ้นแสงก็จะหักเหเข้าตัวรับแสงมากขึ้นจนถึงจุดๆ หนึ่งที่ระบบจะทำงาน

**รูปที่ 2.5** เครื่องตรวจจับควันไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ไมโครคอนโทรเลอร์

โครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877 เป็นหน่วยประมวลผลในวงจรหลัก (Main Circuit) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ง่าย มีการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก และมีคุณสมบัติครบถ้วนเหมาะกับการใช้งาน ซึ่งคุณสมบัติหลักๆ ของ PIC16F877 แสดงดังรูปที่ 2.6




**รูปที่ 2.6** บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ของ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

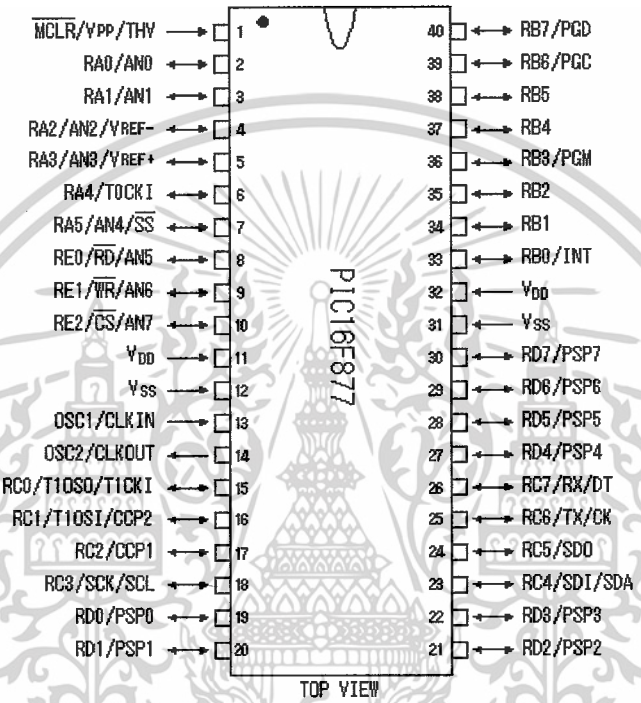
**2.4.1 คุณสมบัติที่สำคัญ**

- มีคำสั่งที่เป็นภาษาแอสเซมบลี 35 คำสั่ง
- ใน 1 คำสั่งใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 ไซเคิล
- ทำงานได้สูงสุดที่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 เมกกะเฮิร์ต (MHz)
- ทำงานแบบไปป์ไลน์ (Pipe-line) สามารถทำงานสองอย่างในเวลาเดียวกันได้
- หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลต (Flash) มีขนาด 8 กิโลเวิร์ด (KWord) (1 word = 14 bit)
- มีหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory RAM) ขนาด 368 ไบต์
- มีหน่วยความจำข้อมูลแบบอีอีพรอม (EEPROM) ขนาด 256 ไบต์
- ตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ได้ทั้งหมด 14 แหล่ง
- มีสแตก (Stack) ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
- มีระบบ Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up และ Watchdog Timer
- มีระบบ Code Protection กันการคัดลอก
- มีโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือวงจร RC ก็ได้
- สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5 VDC ได้
- ใช้การโปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming
- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2 VDC ถึง 5.5 VDC
- มี Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25 มิลลิแอมป์ (mA)
- มีไทเมอร์/เคาท์เตอร์ (Timer/Counter) 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต และไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต
- มีโมดูล Capture/Compare/PWM (Pulse Width Modulation) 2 ชุด
- มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) ขนาด 10 บิต
- มีระบบ USART สำหรับต่อการสื่อสารแบบ RS-232
- มีขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุต I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีจำนวนบิตไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 ขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุต (I/O PORT)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม PIC16F87x มีพอร์ตให้ใช้งานได้ตั้งแต่ 3 ถึง 5 พอร์ต จำนวน 20 ถึง 33 บิต ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งพอร์ตต่างๆ ของ PIC16F87x แสดงได้ดังรูปที่ 2.7




**รูปที่ 2.7** ขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

#### 2.4.2.1 พอร์ต A

มีทั้งสิ้น 6 ช่องหรือ 6 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RA0-RA5 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTA มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x05 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แต่ใช้งานจริงเพียง 6 บิต ที่เหลือสองบิตต้องกำหนดให้เป็น “0” ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISA ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x85 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต และใช้เพียง 6 บิตเช่นกัน สองบิตบนคือบิต 6 และบิต 7 ต้องกำหนดให้เป็น “0” บิต 0 ของ TRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA0 ไล่เลียงลำดับจนถึงบิต 5 ของTRISA ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RA5 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล “1” ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาท์พุต ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังบิตนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต A สามารถทำงานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติและเป็นขาพอร์ตอินพุตสัญญาณอะนาลอกสำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขา RA0-RA3 และ RA5 จะมีการทำงานที่เหมือนกัน ส่วน RA4 จะแตกต่างตรงที่ขานี้นอกจากเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติแล้ว ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับไทเมอร์ 0 ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย และขา RA4 นี้ไม่สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตรับสัญญาณอะนาลอกได้

**2.4.2.2 พอร์ต B**

มีทั้งสิ้น 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RB0-RB7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTB มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x06 (แบงก์ 0) และ 0x106 (แบงก์ 2) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISB ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x86 (แบงก์ 1) และ 0x186 (แบงก์ 3) มีขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับพอร์ต A บิต 0 ของ TRISB ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RB0 ไล่เลียงลำดับจนถึงบิต 7 ของ TRISB ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RB7 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล “1” ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาท์พุต ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังบิตนั้น พอร์ต B สามารถใช้งานลักษณะต่างๆ ได้ 5 แบบคือ

1) เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติ
2) เป็นขาอินพุตสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก โดยใช้ขา RB0/INT
3) เป็นขาพอร์ตอินพุตสำหรับแรงดันโปรแกรมระดับต่ำ (low voltage programming) โดยใช้ขา RB3/PGM
4) เป็นขาข้อมูลอนุกรมและสัญญาณนาฬิกาอนุกรมสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้ 2 ขาคือ RB7/PGD และ RB6/PGC
5) ใช้เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์แบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือระดับสัญญาณที่ขา RB4-RB7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.2.3 พอร์ต C**

มีทั้งสิ้น 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RC0-RC7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x07 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต การกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISC มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x87 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับพอร์ต A และพอร์ต B บิต 0 ของ TRISC ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RC0 ไล่เลียงลำดับจนถึงบิต 7 ของ TRISC ใช้กำหนดทิศทางของขาพอร์ต RC7 หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาท์พุตให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้น

พอร์ต C สามารถใช้งานในลักษณะต่างๆ ได้หลายรูปแบบ และเป็นขาพอร์ตที่มีความสามารถสูงมาก ไม่ว่าจะเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติ ขาอินพุตเอาท์พุตของออสซิลเลเตอร์ของโมดูลไทเมอร์ 1 ขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณนาฬิกาของโมดูลไทเมอร์ 1 ขาเชื่อมต่อระบบบัส $I^2C$ ขาเชื่อมต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ขาเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมแบบ USART ขาอินพุตวงจรแคปเจอร์ (Capture) หรือวงจรตรวจจับสัญญาณ ขาเอาท์พุตของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) และขาเอาท์พุตวงจร PWM (Pulse Width Modulation) หรืออาจกล่าวได้ว่าพอร์ต C เป็นพอร์ตสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (Peripheral Function Port) ที่มีความสมบูรณ์แบบมากที่สุด

**2.4.2.4 พอร์ต D**

มีทั้งสิ้น 8 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RD0-RD7 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTD มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x08 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISD ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x88 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต หากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตในบิตใดเป็นอินพุตต้องเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และในทางตรงข้ามหากต้องการกำหนดให้เป็นขาเอาท์พุต ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังบิตนั้น สำหรับพอร์ต D นี้จะมีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 40 ขาเท่านั้น

พอร์ต D สามารถใช้งานได้ 2 โหมดคือ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติและเป็นส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน (Parallel Slave Port: PSP) สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่มีการจัดระบบบัสแบบไมโครโปรเซสเซอร์คือ มีสายข้อมูล 8 เส้น สายสัญญาณควบคุม 3 เส้นคือ สายสัญญาณควบคุมการอ่าน (RD: Read) สายสัญญาณควบคุมการเขียน (WR: Write) และสายสัญญาณควบคุมการเลือกอุปกรณ์ (CS: Chip Select)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.2.5 พอร์ต E**

มีทั้งสิ้น 3 บิต กำหนดชื่อขาเป็น RE0-RE2 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ PORTE มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x09 (แบงก์ 0) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต แต่ใช้งานเพียง 3 บิต ล่าง คือ บิต 0-บิต 2 เท่านั้น ที่เหลือกำหนดให้เป็น "0" ส่วนการกำหนดทิศทางของพอร์ตนี้กระทำผ่านรีจิสเตอร์ TRISE ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0x89 (แบงก์ 1) มีขนาด 8 บิต โดยใช้สามบิตล่างในการกำหนดทิศทางของพอร์ต E ส่วนที่เหลือใช้ควบคุมการทำงานในโหมด PSP ของพอร์ต D

พอร์ต E สามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติ ขาอินพุตอะนาลอกของโมดูลแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล และขาควบคุมการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบ PSP ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดข้อมูลรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของพอร์ตนี้เช่นเดียวกับพอร์ต D พอร์ต E จะมีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น 40 ขาเท่านั้น

**2.4.2.6 พอร์ตขนานเสริมของ PIC16F877**

พอร์ตอินพุตเอาท์พุตดิจิตอลอีกชุดหนึ่งที่มีอยู่ใน PIC16F877 คือพอร์ตขนานเสริม (Parallel Slave Port: PSP) หรือบางครั้งเรียกว่า พอร์ตไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor port) โดยพอร์ต PSP นี้จะรวมอยู่กับพอร์ต D และ E โดยส่วนของพอร์ตข้อมูล 8 บิตจะใช้พอร์ต D ส่วนสัญญาณควบคุมมีด้วยกัน 3 เส้นจะใช้ร่วมกับพอร์ต E นั่นคือ สายอ่านข้อมูลจากพอร์ต (RD: Read) สายเขียนข้อมูลไปยังพอร์ต (WR: Write) และสายเลือกทำงาน (CS: Chip Select) ดังนั้นพอร์ตขนานเสริมหรือพอร์ต PSP จึงมีเฉพาะใน PIC16F877 หรือรุ่น 40 ขาขึ้นไปเท่านั้น

พอร์ต PSP มีประโยชน์ในกรณีที่ต้องใช้งานอุปกรณ์ที่มีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบบัสข้อมูล 8 บิต ซึ่งนิยมใช้มากในระบบไมโครโปรเซสเซอร์ นั่นคือเมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ ให้แอกตีฟสัญญาณ CS และ RD จากนั้นข้อมูลจะมาปรากฏที่บัสข้อมูล 8 บิตทันที หรือถ้าต้องการเขียนข้อมูล ให้ส่งข้อมูลไปรอที่บัสข้อมูล 8 บิต จากนั้นแอกตีฟสัญญาณ CS และ WR ข้อมูลที่ต้องการเขียนจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ทันที อุปกรณ์ภายนอกที่เหมาะจะใช้กับพอร์ต PSP ได้แก่ หน่วยความจำ ไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลหรือแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกที่ให้ข้อมูลแบบขนาน เครื่องพิมพ์ รวมไปถึงไมโครโปรเซสเซอร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 การรับส่งข้อความสั้น (SMS)

ข้อความสั้น (SMS: Short Message Service) เป็นบริการซึ่งจัดรับ-ส่งข้อความตัวอักษร ผ่านการสื่อสารระบบต่างๆ ทั้งระบบมีสายและไร้สาย โดยจะถูกจำกัดโครงข่ายที่ใช้ในการสื่อสารด้วยระบบโปรโตคอลเฉพาะ ซึ่งกำหนดไว้ให้ส่งผ่าน SMS ในการสื่อสาร 1 ครั้ง ได้ถึง 160 ตัวอักษร หรือมากกว่า โดย

- 160 ตัวอักษร สำหรับการใช้งานข้อมูล 7 บิต ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ตัวอักษรละติน เช่น ภาษาอังกฤษ
- 70 ตัวอักษรสำหรับการใช้งานข้อมูล 16 บิต ของรหัสยูนิโค้ด (Unicode) เช่น ภาษาไทย ภาษาจีน เป็นต้น

ซึ่งอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการส่ง SMS พื้นฐานอย่างน้อยแบ่งได้เป็น 3 ตัว คือ อุปกรณ์ตัวรับ-ส่ง SMS สองตัว และอุปกรณ์ที่เรียกว่า Center อีกหนึ่งตัว และแบ่งการสื่อสารออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นการสื่อสารของอุปกรณ์ตัวส่ง SMS กับ Center และช่วงที่สองเป็นการสื่อสารของอุปกรณ์ตัวรับ SMS กับ Center

### 2.5.1 AT Command

เอทีคอมมานด์ (AT Command) เป็นชุดคำสั่งมาตรฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับโทรศัพท์มือถือ โดยส่วนมากมักใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็มหรืออุปกรณ์ดีทีอี (Data Terminal Equipment: DTE) ในชุดคำสั่งพื้นฐานนั้นบริษัท Hayes ได้เป็นผู้ออกแบบคิดค้นเพื่อใช้กับโมเด็มของตน และต่อมาบริษัทผู้ผลิตมือถือยี่ห้อต่างๆ ได้นำเอามาพัฒนาใช้กับผลิตภัณฑ์ของตนเช่นกัน เป็นเหตุให้คำสั่งพิเศษบางคำสั่งไม่เหมือนกันในผลิตภัณฑ์ต่างยี่ห้อกัน และความสามารถของโทรศัพท์ในบางรุ่นจะไม่รองรับคำสั่งดังกล่าว เนื่องจากไม่ได้มีวงจรส่วนของโมเด็มบรรจุอยู่ภายใน ซึ่งโทรศัพท์มือถือจะมีรูปแบบในการส่งข้อมูลแบบ SMS ผ่านเอทีคอมมานด์ 2 รูปแบบด้วยกัน คือเท็กซ์โหมด (Text Mode) และพีดียูโหมด (PDU Mode)

**2.5.1.1 Text Mode** เป็นการส่งข้อมูลในรูปของตัวอักษรโดยตรง ซึ่งเครื่องโทรศัพท์ส่วนใหญ่ไม่รองรับการส่งข้อมูลในรูปแบบนี้ผ่านทางเอทีคอมมานด์ จึงไม่สามารถใช้งานได้สมบูรณ์ เนื่องจากการส่งข้อความในเท็กซ์โหมดนั้นจะเป็นการนำข้อความที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อนโดยตัวเครื่องเอง แล้วจึงส่งข้อมูลออกไปในรูปพีดียูโหมดอีกครั้งหนึ่ง แต่ในโทรศัพท์บางเครื่องก็ไม่สนับสนุนการส่งข้อความแบบเท็กซ์โหมดผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

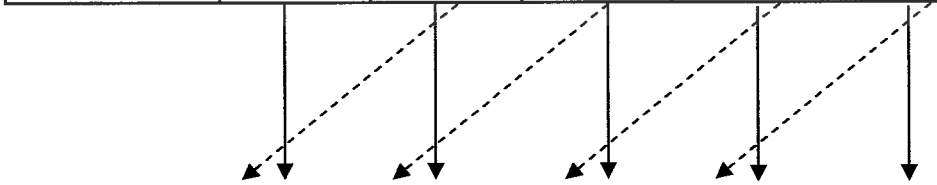
ทางเอทีคอมมานด์ แต่หากส่งข้อความเป็นพีดียูโหมดจะสามารถส่งได้เนื่องจากโทรศัพท์ไม่ต้องมีการแปลงข้อมูลอีกชั้นหนึ่ง

**2.5.1.2 PDU Mode (Protocol Data Unit)** คือโหมดการทำงานประเภทหนึ่งซึ่งจะทำการแปลงรหัสแอสกี (ASCII) ของตัวอักขระแต่ละตัวให้เป็นรหัสพีดียู (PDU) ซึ่งรหัสพีดียูนั้นสามารถนำมาใช้งานได้กับชุดคำสั่งเอทีคอมมานด์ในการส่งSMS และสามารถใช้ได้กับโทรศัพท์มือถือทุกเครื่องที่รองรับคำสั่งเอทีคอมมานด์ได้ โดยที่การเข้ารหัสพีดียูมีขั้นตอนดังนี้

1) จะต้องทราบรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 16 (Hexadecimal) ของแต่ละอักขระ
2) แปลงจากรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 16 เป็นรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 2 (Binary)
3) นำรหัสแอสกีแบบเลขฐาน 2 มาตัดบิตซ้ายสุดทิ้ง
4) แปลงเป็นรหัสพีดียู โดยนำบิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 2 มาวางหน้า 7 บิตของอักขระตัวที่ 1 ซึ่งจะได้รหัสพีดียูของอักขระตัวที่ 1 จากนั้นนำ 2 บิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 3 มาวางหน้า 6 บิตที่เหลืออยู่ของอักขระตัวที่ 2 ซึ่งจะได้รหัสพีดียู ของอักขระตัวที่ 2 จากนั้นนำ 3 บิตสุดท้ายของอักขระตัวที่ 4 มาวางหน้า 5 บิตที่เหลือของอักขระตัวที่ 3 ซึ่งจะได้รหัสพีดียูของอักขระตัวที่ 3 จากนั้นทำตามขั้นตอนเดิมไปเรื่อยๆ จนได้รหัสพีดียู 8 บิต ของทุกอักขระ
5) แปลงรหัสพีดียู 8 บิตที่ได้ให้เป็นรหัสพีดียูแบบเลขฐาน 16

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการเข้ารหัสพีดียูของคำว่า ALERT จะเห็นว่ารหัสพีดียูของคำว่า ALERT คือ 4166514A05

| Format | A | L | E | R | T |
|---|---|---|---|---|---|
| ASCII Hex | 41 | 4C | 45 | 52 | 54 |
| ASCII Bin | 0100 0001 | 0100 1100 | 0100 0101 | 0101 0010 | 0101 0100 |
| บิตที่จะเข้ารหัส | 100 0001 | 100 1100 | 100 0101 | 101 0010 | 101 0100 |



| PDU | 0100 0001 | 0110 0110 | 0101 0001 | 0100 1010 | 0000 0101 |
|---|---|---|---|---|---|
| PDU Hex | 41 | 66 | 51 | 4A | 05 |

**รูปที่ 2.8** การเข้ารหัสพีดียูของคำว่า ALERT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2 กลุ่มคำสั่งในการส่งเอสเอ็มเอส**

คำสั่งเอที คอมมานด์ ที่ใช้ในการส่งข้อความสั้น (SMS) มีอยู่หลายคำสั่งด้วยกัน เช่น คำสั่งในการเลือกรูปแบบการส่งข้อความและคำสั่งส่งข้อความ ดังนี้

**2.5.2.1 AT+CMGF** เป็นคำสั่งที่ใช้เลือกรูปแบบของการส่งข้อความ ซึ่งมี 2 โหมด คือ SMS PDU Mode กับ SMS Text Mode โดยมีรูปแบบของคำสั่งดังนี้

**ตารางที่ 2.1** รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGF

| คำสั่ง | การตอบสนอง | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|---|
| AT+CMGF=[<mode>] | | 0 |
| AT+CMGF? | +CMGF:<mode> | |
| AT+CMGF=? | +CMGF: (0,1) | |

<mode> 0 คือเลือกใช้พีดียูโหมด (PDU Mode)

1 คือเลือกใช้เท็กซ์โหมด (Text Mode)

**2.5.2.2 AT+CMGS** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการส่งเอสเอ็มเอส

**ตารางที่ 2.2** รูปแบบของคำสั่ง AT+CMGS

| คำสั่ง | การตอบสนอง | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|---|
| Text Mode (+CMGF=1):<br>AT+CMGS=<da>[,<toda>]<CR><br>text is entered<ctrl-Z/ESC><br>PDU Mode (+CMGF=0):<br>AT+CMGS=<length><CR><br>PDU is given<ctrl-Z/ESC> | Text Mode and sending OK:<br>+CMGS:<mr>[,<scts>]<br><br>PDU mode and sending OK:<br>+CMGS:<mr>[,<ackpdu>] | Text Mode:<br>[,129/145] |
| AT+CMGS=? | | |

<da> คือหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่จะส่งเอสเอ็มเอสไป

<text is entered> คือข้อความที่ต้องการจะส่ง

<length> คือความยาวข้อมูลของข้อความในพีดียูโหมด (8 บิต = 1 length)

<PDU is given> คือข้อมูลในรูปแบบรหัสพีดียูแบบเลขฐาน 16

<CR> คือปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


### 2.5.3 กลุ่มคำสั่งในการควบคุมและดูสถานะของโทรศัพท์มือถือ

กลุ่มคำสั่งในการควบคุมและดูสถานะของโทรศัพท์มือถือ ประกอบด้วยคำสั่งหลักๆ คือ คำสั่งเลือกตำแหน่งเก็บหน่วยความจำของสมุดโทรศัพท์และคำสั่งอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์ โดยมีรูปแบบการใช้งานดังนี้

**2.5.3.1 AT+CPBS** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเลือกตำแหน่งเก็บหน่วยความจำของสมุดโทรศัพท์ (Select Phone Book Memory Storage)

**ตารางที่ 2.3** รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBS

| คำสั่ง | การตอบสนอง | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|---|
| AT+CPBS=<storage> | | "SM" |
| AT+CPBS? | +CPBS: <storage>,<used>,<total> | |
| AT+CPBS=? | +CBPS: (list of supported<storage>'s) | |

<storage> มีค่าต่างๆ ได้ดังนี้ "DC", "MC", "RC", "ME", "FD", "SM", "ON" and "EN"

**2.5.3.2 AT+CPBR** เป็นคำสั่งที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากสมุดโทรศัพท์ (Read Phone Book Entries)

**ตารางที่ 2.4** รูปแบบของคำสั่ง AT+CPBR

| คำสั่ง | การตอบสนอง |
|---|---|
| AT+CPBR=<index1>,<index2> | [+CPBR: <index1>,<number>,<type>,<text>[[…]<CR><LF>+CPBR: <index2>,<number>,<type>,<text>]] |
| AT+CPBR=? | +CBPR: (<index>-list),[<nlength>],[<tlength>] |

<index1>, <index2> คือเลขจำนวนเต็มที่ระบุตำแหน่งของหมายเลขโทรศัพท์ใน หน่วยความจำของสมุดโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104218

**2.5.4 กลุ่มคำสั่งบริการเครือข่าย**

กลุ่มคำสั่งบริการเครือข่าย เป็นกลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการติดต่อสื่อสารกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับผู้ให้บริการเครือข่าย เช่น คำสั่งในการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า เป็นต้น

**2.5.4.1 AT+CLIP เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า**

(Calling Line Identification Presentation)

**ตารางที่ 2.5** รูปแบบของคำสั่ง AT+CLIP

| คำสั่ง | การตอบสนอง | ค่ามาตรฐาน |
|---|---|---|
| AT+CLIP=<n> | | 0 |
| AT+CLIP? | +CLIP: <n>,<m> | |
| AT+CLIP=? | +CLIP: (0,1) | |

<n> 0 คือปิดการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า

1 คือเปิดการแสดงผลหมายเลขโทรศัพท์ที่โทรเข้า

**2.5.5 การรับข้อความสั้น (SMS) ในพีดียูโหมด**

หากทำการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ และทำการอ่านข้อความสั้น (SMS) ที่อยู่ภายในกล่องข้อความของโทรศัพท์มือถือผ่านทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper Terminal) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้คำสั่ง AT+CMGR ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริงที่ประกอบด้วยข้อมูลของผู้ส่ง ข้อมูล SMSC (SMS Service Center) และข้อความที่ถูกส่งเข้ามาเป็นต้น โดยข้อความที่ถูกส่งเข้ามาจะอยู่ส่วนท้ายสุดของสตริง ซึ่งจะขอยกตัวอย่างโดยอ้างอิงจากโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คือโทรศัพท์ยี่ห้อซีเมนส์ (SIEMENS) รุ่น C-45 ซึ่งข้อความที่ส่งมาคือคำว่า LIGHT ON ค่าที่อ่านได้จากโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลมีรายละเอียดดังนี้

AT+CMGR = 1 < CR >

+ CMGR: "+6638212236F6 "

07916618160104F0040B916638212236F60000902050326594AA08CCE41149

053D9D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.6** การแปลความหมายข้อความที่ได้รับในพีดียูโหมด

| Octet(s) | Description |
|---|---|
| 07 | ความยาวของ SMSC information |
| 91 | รูปแบบของเลขหมาย SMSC 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล(International format) |
| 6618160104F0 | เลขหมาย SMSC ซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีหมายเลขจริงขอ งservice center คือ +66816110400 |
| 04 | First octet of this SMS-DELIVER message. |
| 0B | ความยาวของหมายเลขผู้ส่ง (0B = 11 ตัวเลข) |
| 91 | รูปแบบของเลขหมายผู้ส่ง 91 หมายถึงเลขหมายแบบสากล (International format) |
| 6638212236F6 | เลขหมายผู้ส่งซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีหมายเลขจริงของผู้ส่ง คือ +66831222636 เมื่อสลับ nibble แล้วไม่ครบคู่ให้ต่อท้ายด้วย F เมื่อสลับแล้วจึงกลายเป็น 6618542899F4 |
| 00 | TP-PID. Protocol identifier |
| 00 | TP-DCS Data coding scheme |
| 902050326594 | TP-SCTS. Time stamp วันเวลาที่ได้รับข้อความสลับ nibble ในที่นี้วันเวลาที่ได้รับข้อความคือวันที่ 05/02/09 เวลา 23:56:49 |
| AA | TP-Validity-Period. ระยะเวลาในการจัดเก็บข้อความในที่นี้ AA หมายถึง 4 วัน |
| 08 | TP-User-Data-Length. Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 8 ตัว |
| CCE41149053D9D | TP-User-Dataข้อความ LIGHT ON ในรูปแบบรหัสพีดียู |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.6 การส่งข้อความ SMS ในพีดียูโหมด**

ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างโดยการใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลส่งข้อความ TEMP ALARM ไปให้ผู้รับหมายเลข 0840043027

AT + CMGF = 0 (เลือกพีดียูโหมด)

OK

AT+CMGS = 23 <CR> (ต้องการส่งทั้งหมด 23 ไบต์ ไม่รวมเลข 00 ที่อยู่หน้าสุด)

>0011000B916638212236F60000AA0AD462130A0A3283D226<ctrl-Z>

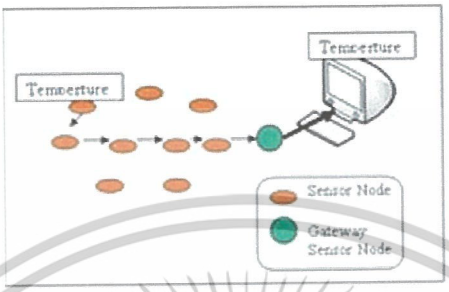
**ตารางที่ 2.7** การแปลความหมายข้อความที่ส่งในพีดียูโหมด

| Octet(s) | Description |
|---|---|
| 00 | ความยาวของ SMSC Information 00 หมายถึงให้ใช้ SMSC Information ที่เก็บอยู่ภายในเครื่อง ( ปกติเครื่องที่ส่ง SMS ได้จะมี SMSC ภายในเครื่องอยู่แล้ว) |
| 11 | 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) |
| 6638212236F6 | เลขหมายผู้รับซึ่งจะเป็นเลขฐาน 10 สลับ nibble ในกรณีหมายเลขจริงของผู้รับ คือ 0831222636 เมื่อสลับ nibble แล้วไม่ครบคู่ให้ต่อท้ายด้วย F เมื่อสลับแล้วจึงกลายเป็น 6638212236F6 |
| 00 | TP-PID. Protocol identifier |
| 00 | TP-DCS. Data coding scheme. |
| AA | TP-Validity-Period. ระยะเวลาในการจัดเก็บข้อความ ในที่นี้ AA หมายถึง 4 วัน |
| 0A | TP-User-Data-Length. Length จำนวนตัวอักษรของข้อความที่ส่งในที่นี้คือ 10 ตัว |
| D462130A0A3283D226 | TP-User-Data.ข้อความ LIGHT ON ในรูปแบบรหัสพีดียู |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 การรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย

### 2.6.1 Wireless Sensor Network




**รูปที่ 2.9** Wireless Sensor Network

เครือข่ายเซนเซอร์เป็นส่วนสำคัญที่นำมาใช้ในการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม สิ่งก่อสร้าง โรงงาน บ้านเรือน ระบบการติดต่อสื่อสารแบบอัตโนมัติและอื่นๆ อีกมากในกรณีที่สายไฟหรือสายเคเบิลไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ดังนั้นเครือข่ายเซนเซอร์จึงกลายเป็นที่ต้องการอย่างรวดเร็ว อีกทั้งเครือข่ายเซนเซอร์ง่ายต่อการติดตั้งและการบำรุงรักษาอีกด้วย

เครือข่ายเซนเซอร์ มีการตรวจจับข้อมูลอย่างสัมพันธ์กัน การรวบรวมข้อมูล ประเมินและตีราคาข้อมูล การสร้างกฎเกณฑ์ การตัดสินใจและการเตือน ข้อมูลข่าวสารที่ต้องการได้รับมาจากการอยู่แบบกระจายของ WSNs (Wireless Sensor Networks ) ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ตัวแรก ไปยังเซนเซอร์ตัวต่อไปที่อยู่ใกล้ๆ

Routing table หรือตารางข้อมูลกำหนดเส้นทาง มีหน้าที่ช่วยในการส่งข้อมูลไปยังเส้นทางที่ดีที่สุด สำหรับเครือข่ายที่มีการกระจายนั้นมีเพิ่มขึ้นตามโหนดซึ่งมีหน้าที่สลับเลือกเส้นทางในการสื่อสารที่มีมากขึ้น เครือข่าย NxM mesh มี NxM links และมีเส้นทางหลายเส้นทางจากต้นกำเนิดถึงปลายทาง เครือข่ายที่มีโครงสร้างเรียงกันเป็นระดับชั้น ทำให้สามารถหาเส้นทางได้ง่ายขึ้น และเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของกระบวนการแพร่กระจายของสัญญาณและการตัดสินใจ เพราะบางกระบวนการสามารถทำงานให้เสร็จได้ในระดับชั้นนั้นเลย เครือข่ายที่มีการติดต่อกันอย่างสมบูรณ์จะมี NP-hard ที่ซับซ้อน โดยมีการกำหนดเส้นทางอย่างจำกัดให้กับโปรโตคอลที่ใช้งาน และมีการบรรจุผลลัพธ์ที่ได้กลับเข้าไปใหม่ในเส้นทางเดิมของโทโปโลยี ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการซ้อนทับกันของข้อมูลเกิดขึ้น

ขณะที่โหนดมีมากขึ้น จำนวนลิงค์ก็เพิ่มขึ้นด้วย จำนวนลิงค์ที่เพิ่มขึ้นนี้สร้างมาเพื่อแก้ไขปัญหา NP-complexity (Non-deterministic Polynomial time) ในเส้นทางและแก้ไขปัญหาที่ไม่สามารถกู้ข้อมูลกลับคืนมาได้ ในการแก้ไขโครงสร้างสามารถใช้วิธีการรวมกลุ่มแบบเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับชั้น โครงสร้างแบบระดับชั้นนี้ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือต้องมีโครงสร้างเหมือนเดิมในระดับเดียวกัน โครงสร้างระดับชั้นค่อนข้างเป็นโครงสร้างที่ใช้ทั่วไปใน WSNs และโหนดต่างๆ จะรวมกันอยู่เป็นกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีหัวหน้าคือโหนดที่ได้รับแต่งตั้งขณะรวบรวมกัน ข้อมูลที่ได้จากโหนดจะถูกรวบรวมไว้ที่หัวหน้าของแต่ละกลุ่ม และหัวหน้าจะส่งต่อข้อมูลไปยังสถานีกลางที่เครือข่ายของฮอปหลายๆ ฮอปได้สร้างขึ้นมาจากหัวหน้าของการรวมกลุ่มหลายๆ กลุ่มเข้าด้วยกัน

**2.6.2 IEEE 802.15.4**

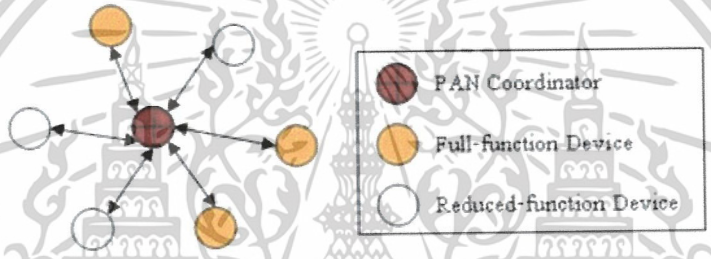
มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับเครือข่ายแบบไร้สายระยะใกล้ความเร็วต่ำหรือ low-rate WPAN (LR-WPAN) โดยมีคุณลักษณะ คือ อัตราการรับ-ส่งข้อมูล ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 250 kbps ใช้กำลังไฟฟ้าน้อย อุปกรณ์มีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์พื้นฐานที่หลากหลายในชีวิตประจำวันและโดยส่วนมากการนำมาประยุกต์ใช้ของมาตรฐาน WPAN นี้มักจะเกี่ยวข้องกับ wireless sensor networks (WSNs)

ชั้น Physical Layer มาตรฐาน IEEE 802.15.4 มีการใช้งาน 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 และ16 ช่องสัญญาณใน 2.4 GHz โดยย่านความถี่เหล่านี้ไม่ใช่ความถี่สากล โดย 868 MHz ใช้ในยุโรป 915 MHz ใช้ในอเมริกา และ 2.4 GHz ถือว่าเป็นความถี่ที่ใช้กันมากที่สุดในโลก อุปกรณ์แบบ FFD (Full-Function Device) สามารถส่ง beacon frame ซึ่งเป็น frame ที่ประกอบไปด้วยการควบคุมและการส่งข้อมูลในแต่ละ chanel และอาจทำให้กลายเป็น PAN coordinator ได้

ชั้น MAC Layer มาตรฐาน IEEE 802.15.4 จัดเตรียมการเพื่อ support ระหว่างสอง wireless network topology เช่น การเชื่อมต่อแบบ star และ peer-to-peer โดยสำหรับการใช้งานในบ้านนั้นจะเป็นแบบ star และในทางอุตสาหกรรมและธุรกิจจะใช้การเชื่อมต่อแบบ peer-to-peer สำหรับโครงสร้างแบบ 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

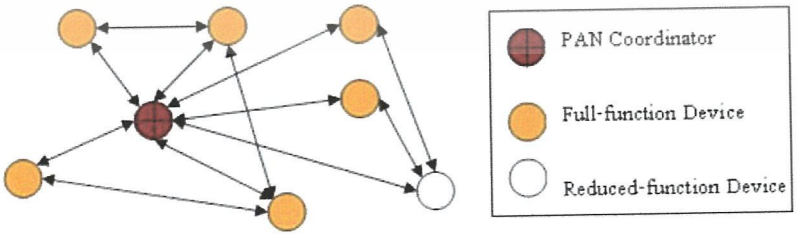
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ซึ่ง ad hoc network นี้ก็คือการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์แบบ wireless โดยไม่ต้องใช้ access point ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่รับส่งข้อมูลทางคลื่นความถี่กับ wireless card ซึ่งติดตั้งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้นั่นเอง ซึ่ง LR-WPAN star topology แสดงดังรูปที่ 2.10




**รูปที่ 2.10** IEEE 802.15.4 LR-WPAN star topology

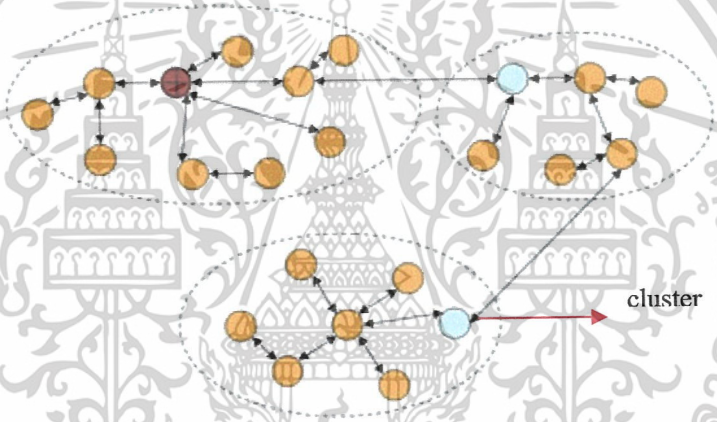
เครือข่ายแบบ peer-to-peer ซึ่งเป็นการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่ายอุปกรณ์ จะอนุญาตให้อุปกรณ์ FFD ติดต่อกับ FFD อื่นที่อยู่ภายในอาณาเขตของตัวมันเองและส่ง message ไปยัง FFD ที่อยู่นอกเขตอีกด้วย ซึ่งเครือข่ายแบบ peer-to-peer นี้สามารถทำให้ ad hoc wireless network ซับซ้อนขึ้นด้วยการเพิ่มการครอบคลุมพื้นที่เนื่องจาก multihop และ mesh network จะกำหนดคุณสมบัติที่อนุญาตในการส่ง message ส่วน RFDs อาจจะสามารถเข้ามาร่วมในเครือข่าย peer-to-peer แต่จะไม่สามารถทำ relay ได้ peer-to-peer network topology แสดงได้ดังรูปที่ 2.11



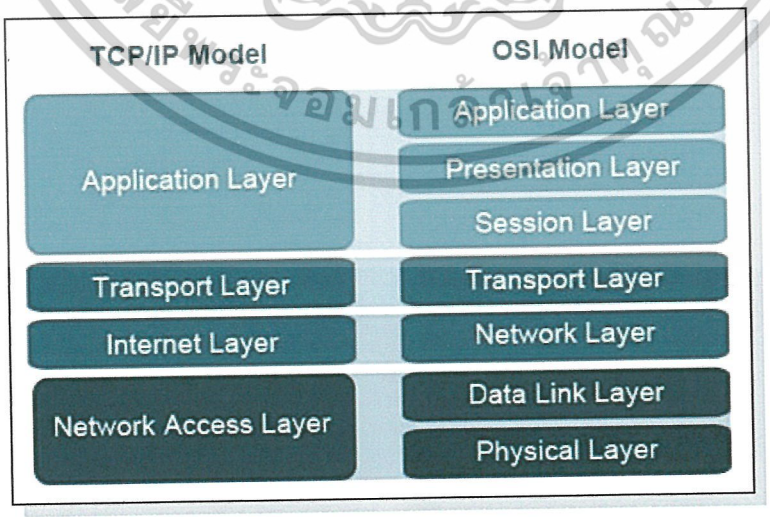

**รูปที่ 2.11** IEEE 802.15.4 peer-to-peer network topology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกหนึ่งชนิดของเครือข่าย cluster-tree ซึ่งจะเป็นการรวมกันของแบบ Star และ Mesh เพื่อที่จะได้ประโยชน์จากทั้งสองแบบสามารถรองรับจำนวนของโหนด และสามารถใช้งานจากแบตเตอรี่ได้นาน โดยเครือข่ายชนิดนี้จำนวนของอุปกรณ์เครือข่ายจะอยู่บนหลักการ “cluster heads” โครงสร้างนี้จะจัดหา path ให้กับอุปกรณ์เครือข่ายชนิดต่างๆ และสามารถมีการขยายเครือข่ายออกไปให้กว้างขึ้น ในหลายๆ กรณีเครือข่ายแบบ peer-to-peer จะเลือกอุปกรณ์ตัวหนึ่งให้ทำหน้าที่ PAN coordinator ระหว่างการสร้าง เครือข่ายแบบ peer-to-peer จะต้องมีตรวจสอบแล้วว่าการทำงานต่างๆ นั้นรองรับการทำงานและ service ของอุปกรณ์เครือข่ายทำให้สามารถทำงานได้ cluster-tree network topology TCP/IP Model และ OSI Model แสดงดังรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13




**รูปที่ 2.12** IEEE 802.15.4 cluster-tree network topology

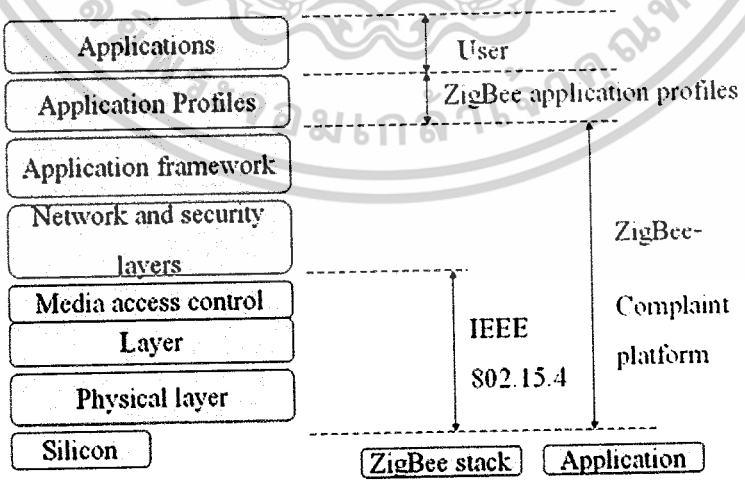



**รูปที่ 2.13** TCP/IP Model และ OSI Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.6.3 Zigbee**

เนื่องจากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นหัวข้อวิจัยที่แพร่หลายเป็นอย่างมาก โดยหัวข้อที่มีการศึกษาล่าสุดก็คือ เทคโนโลยีมาตรฐาน IEEE 802.15.4 และ ZigBee ที่มีการนำเทคโนโลยีที่วิจัยในห้องแลบ (Lab) มาประยุกต์สร้างผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยการเชื่อมต่อของเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สายจะทำงานบนมาตรฐาน 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 และจากคุณสมบัติหลายอย่างที่ได้จากมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ทำให้บริษัท Maxstream ได้สร้างอุปกรณ์ ZigBee ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นต่างๆ เช่น มีขนาดเล็กกะทัดรัด กินไฟต่ำและสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้การเชื่อมต่อแบบ Serial RS232 ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้งานในเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สายโดยให้รองรับกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 จากการที่ Zigbee สามารถรองรับโทโปโลยีแบบ Mesh ทำให้ต้องใช้ multiple routing algorithms นั้นทำให้ต้อง algorithm ที่ต้องใช้ในการจะให้โหนดแต่ละตัวติดต่อกันซึ่งในตัว ZigBee ที่ทางบริษัท Maxstream ผลิตขึ้นมีการใช้ AODV protocol อยู่แล้ว ช่วงการทำงานของ XBee ใน OSI Model แสดงดังรูปที่ 2.14




**รูปที่ 2.14** ZigBee is built on the robust physical and media-access-control layer by IEEE.802.15.4 standard

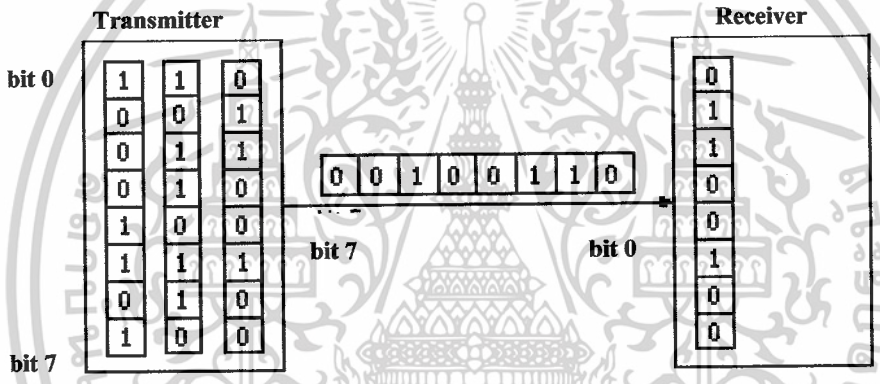
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ในโครงงานนี้ใช้การสื่อสารแบบอนุกรมในการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโทรศัพท์มือถือ และไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์สื่อสารทางไกลแบบไร้สาย (RF Module) ซึ่งลักษณะของการสื่อสารแบบอนุกรมมีรายละเอียดดังนี้

### 2.7.1 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการสื่อสารโดยการส่งข้อมูลทีละบิต ผ่านสายสัญญาณเส้นเดียวจนครบทั้ง 8 บิตหรือไบต์ โดยจะส่งบิตต่ำ (LSB) ออกไปก่อน สามารถแสดงให้เห็นหลักการส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ดังรูปที่ 2.15




**รูปที่ 2.15** การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนับว่ามีความสำคัญต่อการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์มาก เพราะสามารถใช้แป้นพิมพ์และจอภาพของพีซี (PC) เป็นอินพุตและเอาท์พุตในการติดต่อหรือควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยสัญญาณอย่างน้อยเพียงสามเส้น คือ สายส่งสัญญาณ (TX) สายรับสัญญาณ (RX) และสายกราวด์ (GND)

### 2.7.2 มาตรฐาน RS-232

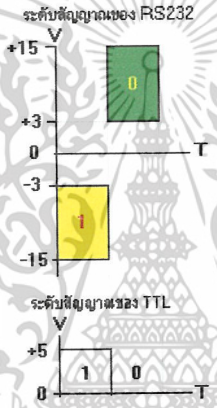
มาตรฐาน RS-232 เป็นมาตรฐานที่ได้รับการพัฒนามานานและถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เราใช้ RS-232 เชื่อมต่ออุปกรณ์ดีทีอี (Data Terminal Equipment: DTE) เข้ากับอุปกรณ์ดีซีอี (Data Communication Equipment: DCE) เช่นการต่อเทอร์มินัลเข้ากับโมเด็ม มาตรฐาน RS-232 กล่าวถึงลักษณะทางกล ลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าและลักษณะการทำงานที่ใช้การอินเทอร์เฟส (Interface) ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่ใช้ในการอินเทอร์เฟสตามมาตรฐาน RS-232 ได้แก่ เทอร์มินัล พล็อตเตอร์ ลอจิกอนาไลเซอร์ (Logic Analyzer) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องพิมพ์ ถ้าการประยุกต์ใช้งานของเราต้องการทำอินเทอร์เฟสอุปกรณ์เข้ากับอินเทอร์เฟสมาตรฐาน RS-232 เราจำเป็นต้องแปลงระดับสัญญาณ TTL ให้เป็นระดับสัญญาณแบบอื่นก่อน

มาตรฐาน RS-232 ใช้สัญญาณเพียงเส้นเดียวในการส่งสัญญาณ โดยสัญญาณจะส่งไปในทิศทางเดียวกัน ในกรณีที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลมีค่าเท่ากับ 20 kbps (กิโลบิตต่อวินาที) ซึ่งค่านี้เป็นค่าสูงสุดที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล (ในปัจจุบันมีการพัฒนาให้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่านี้) ระยะทางในการส่งข้อมูลไม่ควรเกิน 50 ฟุต (ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน)

### 2.7.2.1 ระดับสัญญาณของ RS-232



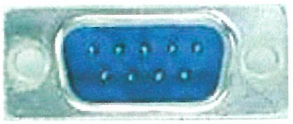

**รูปที่ 2.16** ระดับสัญญาณของ RS232C และระดับสัญญาณของ TTL

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายนำสัญญาณ มักจะมีแรงดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับกราวด์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของลอจิก “1” เป็นลบ คืออยู่ในช่วง -3 โวลต์ ถึง -15 โวลต์ ส่วนแรงดันของลอจิก “0” อยู่ในช่วง +3 โวลต์ ถึง +15 โวลต์ และสาเหตุที่ระดับสัญญาณ ของ RS232 อยู่ในช่วง +15 โวลต์ ถึง -15 โวลต์ ก็เพื่อให้ต่อสายสัญญาณไปได้ไกลขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL

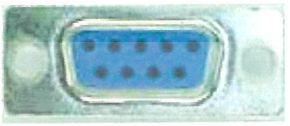
### 2.7.2.2 พอร์ตอนุกรมของ RS-232

โดยปกติพอร์ตอนุกรม RS232C จะสามารถต่อสายได้ยาว 50 ฟุตโดยประมาณ ขึ้นอยู่กับชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณรบกวน ลักษณะของพอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก (DB-9) ตัวผู้และตัวเมียแสดงดังรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



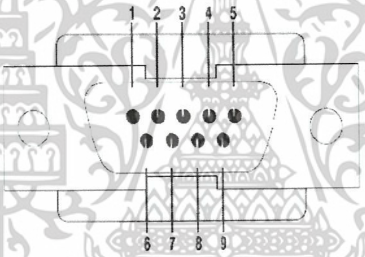
**รูปที่ 2.17** พอร์ตอนุกรมของพีซี DB-9 ตัวผู้ (Male)



**รูปที่ 2.18** พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก DB-9 ตัวเมีย (Female)

### 2.7.3 การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9

การกำหนดตำแหน่งขาต่างๆ ของพอร์ตอนุกรมของ DB-9 แสดงดังรูปที่ 2.19




**รูปที่ 2.19** ตำแหน่งของขา DB-9

การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (Connector) อนุกรม 9 ขา(DB-9) แสดงในตารางที่ 2.8

**ตารางที่ 2.8** การจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

| 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) | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 |

Transmitted Data (TXD) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูล

Received Data (RXD) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูล

Data Terminal Ready (DTR) แสดงภาวะพอร์ตว่าเปิดใช้งาน

Data Set Ready (DSR) ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่อด้วยเปิดอยู่หรือไม่ เมื่อเปิดพอร์ตอนุกรม ขา DTR จะ ON เพื่อให้อุปกรณ์ได้รับทราบว่าต้องการติดต่อด้วยในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา DSR ว่าอุปกรณ์พร้อมหรือไม่

Request To Send (RTS) แสดงสภาวะพอร์ตว่าต้องการส่งข้อมูล

Clear to Send (CTS) ตรวจสอบว่าพอร์ตที่ติดต่ออยู่ ต้องการส่งข้อมูลหรือไม่ เมื่อต้องการส่งข้อมูลขา RTS จะ ON และจะส่งข้อมูลออกที่ขา TXD เมื่อส่งเสร็จก็จะ OFF ในขณะเดียวกันก็จะตรวจสอบขา CTS ว่าอุปกรณ์ต้องการที่จะส่งข้อมูลหรือไม่

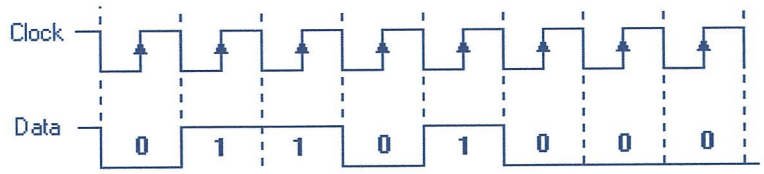
Signal Ground (GND) ขา ground

### 2.7.4 รูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมมีอยู่ด้วยกันสองแบบ คือ แบบซิงโครนัส (Synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

**2.7.4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous)** การรับส่งข้อมูล จะมีสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเป็นตัวกำหนด จังหวะเวลา การส่งข้อมูล ร่วมอยู่ด้วยอีกเส้นหนึ่ง ใช้คู่กับสัญญาณข้อมูล ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณจากคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

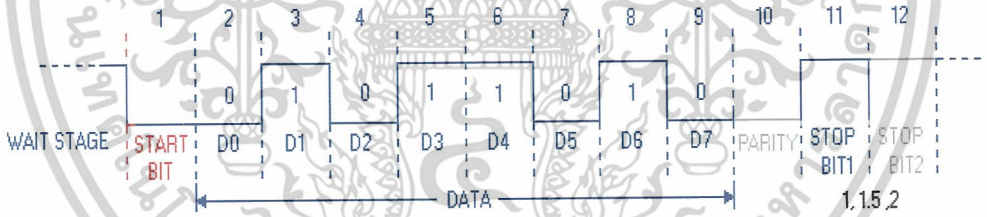



**รูปที่ 2.20** การสื่อสารแบบซิงโครนัส

**2.7.4.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)** เป็นการรับส่งข้อมูลโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะกำหนดให้ตัวส่งและตัวรับมีอัตราการส่งข้อมูลที่เท่ากัน

รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วยสี่ส่วนคือ

1. บิตเริ่มต้น(Start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูล (Data) มีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity bit) มีขาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตหยุด (Stop bit) มีขนาด 1, 1.5, 2 บิต




**รูปที่ 2.21** การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

การรับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรมยังแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 3 แบบคือ

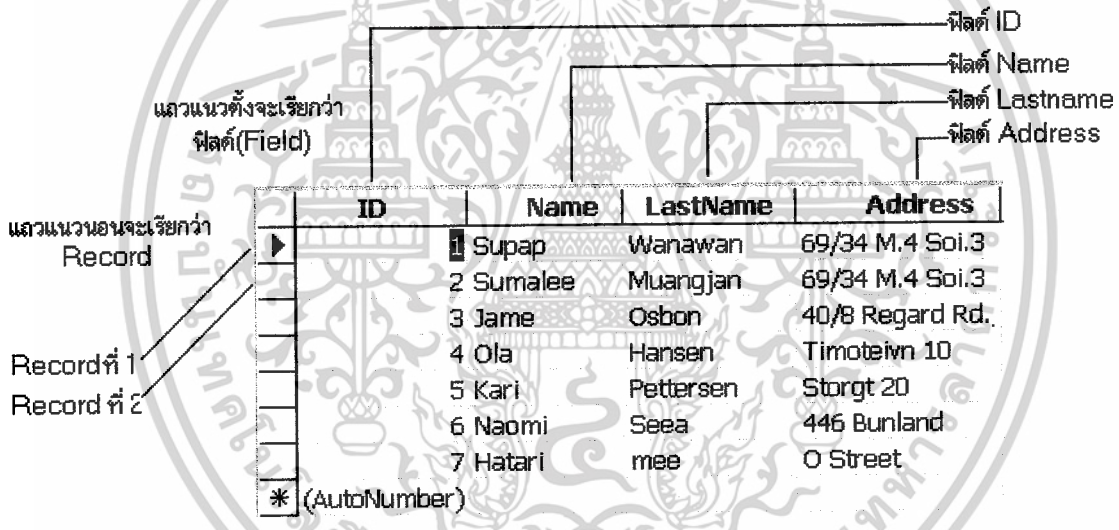
1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) เป็นการส่งหรือรับข้อมูลแบบทิศทางเดียวเท่านั้น
2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งและรับข้อมูลแบบสลับกัน คือเมื่อด้านหนึ่งส่ง อีกด้านหนึ่งเป็นฝ่ายรับสลับกัน ไม่สามารถรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้
3. แบบฟลูดูเพล็กซ์ (Full Duplex) สามารถรับ-ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 ภาษา SQL (Structured Query Language)

ภาษา SQL เป็นภาษามาตรฐานตามระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ สามารถใช้งานได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์หลายระดับ ปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) ที่สนับสนุนการใช้คำสั่ง SQL เช่น ORACLE DB2 MySQL และ Microsoft Access นอกจากนี้ภาษา SQL ยังถูกนำมาเขียนร่วมกับโปรแกรมภาษาต่างๆ เช่น ภาษา C/C++ Visual Basic และ Java ซึ่งภาษา SQL นี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) สร้างฐานข้อมูลและตาราง
2) สนับสนุนการจัดการฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วย การเพิ่ม การปรับปรุง และการลบข้อมูล
3) สนับสนุนการเรียกใช้หรือค้นหาข้อมูล




**รูปที่ 2.22** ตัวอย่างตารางฐานข้อมูล

### 2.8.1 ประเภทของคำสั่งภาษา SQL

- ภาษานิยามข้อมูล (Data Definition Language: DDL) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูล กำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามี Attribute ใด ชนิดของข้อมูล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงตารางและการสร้างดัชนี ได้แก่คำสั่ง CREATE DROP และ ALTER

- ภาษาจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language: DML) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเรียกใช้ เพิ่ม ลบ และเปลี่ยนแปลงข้อมูลในตาราง ได้แก่คำสั่ง SELECT INSERT UPDATE และDELETE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาษาควบคุมข้อมูล (Data Control Language: DCL) เป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดสิทธิการอนุญาตหรือยกเลิกการเข้าถึงฐานข้อมูล เพื่อป้องกันความปลอดภัยของฐานข้อมูล ได้แก่ คำสั่ง GRANT และ REVOKE

**2.8.1.1 ภาษานิยามข้อมูล (Data Definition Language: DDL)** ประกอบด้วยคำสั่งดังนี้

**2.8.1.1.1 CREATE** คือคำสั่งที่ใช้ในการสร้าง

CREATE TABLE คือคำสั่งสร้างตาราง มีรูปแบบคำสั่งดังนี้

```
CREATE TABLE table-name
(field1 type (size) (index1), field2 type (size) (index2), ...
```

โดยที่ table-name หมายถึงชื่อของตารางที่จะทำการสร้าง

field หมายถึงชื่อของฟิลด์ที่ต้องการสร้างในตาราง อย่างน้อยต้อง มี 1 ฟิลด์ขึ้นไป

type หมายถึงชนิดของข้อมูลที่ทำการกำหนดให้

size หมายถึงขนาดของข้อมูลหรือขอบเขต

index เป็นการกำหนดค่าของฟิลด์ที่ใช้เป็น index

เราสามารถที่จะกำหนด type ของฟิลด์ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 2.9

**ตารางที่ 2.9** การกำหนด type ของฟิลด์ต่างๆ

| ชนิดข้อมูล ( Data Type ) | คำอธิบาย ( Description ) | การกำหนดขนาด ( Define Length ) |
|---|---|---|
| INT (M) [UNSIGNED] | เก็บตัวเลขจำนวนเต็มในช่วง -2147483648 ถึง 2147483648 แต่ถ้ากำหนด UNSIGNED จะเก็บค่าในช่วง 0 ถึง 4294967295 | สามารถกำหนดขนาดได้แต่ถ้าไม่กำหนด ขนาดปกติจะเป็น 4 |
| FLOAT (M[.D]) | เก็บค่าตัวเลขทศนิยมที่เป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ | สามารถกำหนดขนาดได้แต่ถ้าไม่กำหนด ขนาดปกติจะเป็น 10.2 โดยที่ 2 คือจำนวนของตำแหน่งทศนิยมที่เราต้องการซึ่งกำหนดได้ถึง 24 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| CHAR (M) | เก็บตัวอักษร ระหว่าง 1 ถึง 255 ตัวอักษร | สามารถกำหนดขนาดได้แต่ถ้าไม่กำหนด ขนาดปกติจะเป็น 1 |
| VARCHAR (M) | เก็บตัวอักษร ระหว่าง 1 ถึง 255 ตัวอักษร | จำเป็นต้องกำหนดขนาด |
| TEXT | เก็บข้อความ ขนาดสูงสุด 65535 ตัวอักษร | กำหนดหรือไม่กำหนดก็ได้ |
| LONGTEXT | เก็บข้อความ ขนาดสูงสุด 4294967295 ตัวอักษร | กำหนดหรือไม่กำหนดก็ได้ |
| DATE | เก็บวันที่ รูปแบบ YYYY - MM - DD ระหว่าง 1000 - 01 - 01 ถึง 9999 -12 - 31 | ไม่มี |
| TIME | เก็บเวลา รูปแบบ HH : MM : SS | ไม่มี |
| DATETIME | เก็บวันที่และเวลา รูปแบบ YYYY - MM - DD HH : MM : SS ระหว่าง 1000 - 01 - 01 00:00:00 ถึง 9999 -12 - 31 23:59:59 | ไม่มี |

CREATE INDEX คือคำสั่งสร้างดัชนี มีรูปแบบคำสั่งดังนี้

```
CREATE INDEX Index-name ON table-name(attribute-name1,….)
```

CREATE VIEW คือคำสั่งสร้างวิว มีรูปแบบคำสั่งดังนี้

```
CREATE VIEW view-name[column_name1, column_name2,…]
AS SELECT attribute1, attribute2,…
FROM table-name
WHERE condition
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.8.1.1.2 DROP** คือคำสั่งที่ใช้ในการลบ

DROP TABLE คือคำสั่งลบตาราง มีรูปแบบคำสั่งดังนี้

```
DROP TABLE table-name;
```

โดยที่ table-name หมายถึงชื่อของตารางที่จะทำการลบ

DROP INDEX คือคำสั่งลบดัชนี มีรูปแบบคำสั่งดังนี้

```
DROP INDEX index-name;
```

DROP VIEW คือคำสั่งลบวิว มีรูปแบบคำสั่งดังนี้

```
DROP VIEW view-name;
```

**2.8.1.1.3 ALTER** คำสั่งที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตาราง

เป็นคำสั่งสร้างฟิลด์เพิ่มให้กับตารางที่ได้ทำการสร้างไว้แล้ว โดยมีรูปแบบดังนี้

```
ALTER TABLE table-name ADD COLUMN (field1 type (size) (index1), ...)
```

โดยที่

| | |
|---|---|
| table-name | หมายถึงชื่อของตารางที่จะทำการแทรกฟิลด์ |
| field | หมายถึงชื่อของฟิลด์ที่ต้องการแทรกในตาราง |
| type | หมายถึงชนิดของข้อมูลที่ทำการกำหนดให้ |
| size | หมายถึงขนาดของข้อมูลหรือขอบเขต |
| index | เป็นการกำหนดค่าของฟิลด์ที่ใช้เป็น index |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.8.1.2 ภาษาจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language: DML)** ประกอบด้วยคำสั่งดังนี้

**2.8.1.2.1 SELECT** คำสั่งใช้เรียกดูข้อมูลในฐานข้อมูล

คำสั่งนี้เป็นคำสั่งสำหรับการเรียกดูข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อกระทำการต่างๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งการ SELECT นั้นก็มีทั้งแบบที่ SELECT โดยไม่มีเงื่อนไขและ SELECT แบบมีเงื่อนไขพร้อมทั้งยังสามารถจัดเรียงการแสดงผลและยังเชื่อมตารางได้อีกด้วยโดยมีรูปแบบดังนี้

```
SELECT select_list
[ INTO new_table ]
FROM table_source
[ WHERE search_condition ]
[ GROUP BY group_by_expression ]
[ HAVING search_condition ]
[ ORDER BY order_expression [ ASC | DESC ] ]
```

โดยที่

| | |
|---|---|
| select_list | หมายถึงชื่อของฟิลด์ที่ต้องการจะเลือก |
| new_table | หมายถึงเปลี่ยนชื่อตารางที่ค้นเป็นชื่อใหม่ |
| table_source | หมายถึงชื่อของตารางที่จะทำการค้น |
| search_condition | หมายถึงเงื่อนไขในการค้นหา |
| group_by_expression | หมายถึงการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ถูกคำนวณ |
| order_expression | หมายถึงการเรียงลำดับผลการค้นหา ASC = น้อยไปมาก DESC = มากไปน้อย |

**2.8.1.2.2 INSERT** คำสั่งใช้สำหรับเพิ่มข้อมูลในตาราง มีรูปแบบคือ

```
INSERT INTO Tablename (field1,field2,field..n)
VALUES ( 'Value1', 'Value2', 'Value..n' )"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.8.1.2.3 UPDATE** คำสั่งใช้สำหรับปรับปรุงข้อมูลในตาราง มีรูปแบบคำสั่งคือ

```
UPDATE table-name
SET column-name1=value1[column-name2=value2,…]
[WHERE condition];
```

**2.8.1.2.4 DELETE** คือคำสั่งใช้สำหรับลบข้อมูลจากตาราง มีรูปแบบคำสั่งคือ

```
DELETE table-name
[WHERE condition];
```

**2.8.1.3 ภาษาควบคุมข้อมูล (Data Control Language: DCL)** ประกอบด้วยคำสั่งดังนี้

**2.8.1.3.1 GRANT** เป็นการให้สิทธ์แก่ผู้ใช้งาน

เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดสิทธิ์ให้แก่ผู้ใช้แต่ละคน ว่าจะให้ใครมีสิทธิ์ในการจัดการข้อมูลในตารางหรือวิวใดได้บ้าง

การจัดการข้อมูลจะหมายถึงการเรียกใช้ (SELECT) การเพิ่ม (INSERT) การลบ (DELETE) หรือการปรับปรุง (UPDATE) ข้อมูล คำสั่งคือ

```
GRANT  <privilege list>
ON table-name or view-name
TO  <user list>
```

โดยที่ <privilege list> หมายถึงสิทธิในการจัดการข้อมูล เช่นSELECT INSERT DELETE หรือ UPDATE

table-name or view-name หมายถึงชื่อตารางหรือวิวที่ให้สิทธิการใช้

<user list> คือกลุ่มผู้ใช้ที่ถูกให้สิทธิในการจัดการข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.8.1.3.2 REVOKE** เป็นการยกเลิกสิทธิ์

เป็นการยกเลิกสิทธิใดๆแก่ผู้ใช้ตามที่ได้ให้สิทธิตามคำสั่ง GRANT มีรูปแบบคำสั่งคือ

```
REVOKE <privilege list>
ON table-name or view-name
FROM <user list>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการออกแบบ

## 3.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบโครงงานนี้ เป็นการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือและเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อสั่งการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงาน หรือเพื่อรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) แล้วแสดงผลไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านทางข้อความสั้น (SMS) และเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบ Real Time โดยมี RF Module เป็นตัวช่วยในการส่งสัญญาณระยะไกล โดยวงจรแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน ดังนี้

**3.1.1. Main Circuit** เป็นวงจรหลักที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ตรวจจับ โทรศัพท์มือถือและ RF Module โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนย่อยๆ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังนี้

**3.1.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจจับ**

ในการที่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ในการทำงานนั้น จะต้องมีการต่อรีเลย์ ทรานซิสเตอร์และบัฟเฟอร์เพื่อขยายกระแสไปขับทรานซิสเตอร์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นจึงจะสามารถทำงานได้

**3.1.1.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ**

ในการติดต่อกันระหว่างโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเราใช้การเชื่อมต่อผ่านทางสายรับ-ส่งข้อมูล (data link) โดยในการส่งข้อมูลระหว่างกันนั้นสัญญาณที่ใช้ต้องมีระดับเดียวกันคือเป็นสัญญาณระดับ TTL ทั้งคู่ ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Siemens รุ่น C-35 ซึ่งมีการส่งข้อมูลในลักษณะ 19200-N-8-1 คือมีอัตราการส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาที ข้อมูลขนาด 8 บิตและมีบิตหยุด 1 บิต

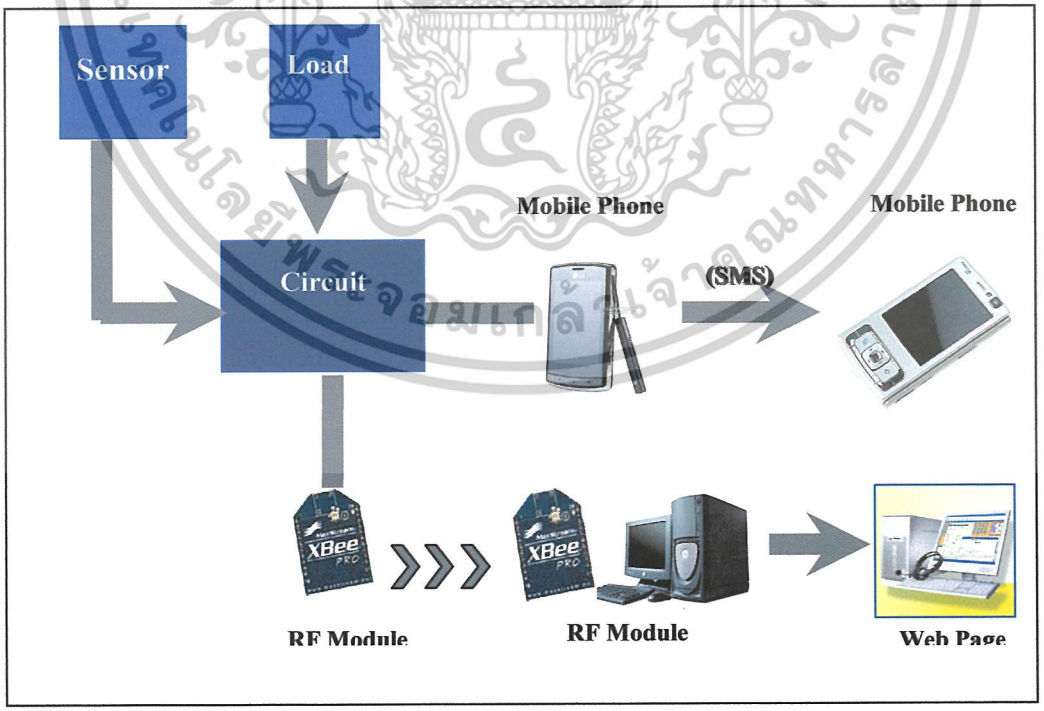
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับ RF Module

RF Module ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็น RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 ซึ่งในส่วนของการติดต่อกันระหว่าง RF Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะใช้การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งก็คือการสื่อสารผ่านทางขา Receiver data และ Transceiver data ของ RF Module กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง

## 3.1.2. RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต

RF Module ที่เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตนั้น เป็นส่วนที่รับข้อมูลแบบไร้สาย คือ RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001 เรียกว่า XBee โครงงานในส่วนนี้จะใช้ XBee เพื่อส่งข้อมูลให้กับระบบอินเตอร์เน็ต แต่ข้อมูลที่รับมาไม่สามารถแสดงบนอินเตอร์เน็ตได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลจาก XBee โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนคือ Microsoft Visual Basic 6.0 จากนั้นจะต้องทำการเก็บข้อมูลนี้ไว้โดยใช้โปรแกรมที่ใช้สำหรับการจัดการระบบของฐานข้อมูล ส่วนการที่จะเชื่อมฐานข้อมูลกับอินเตอร์เน็ตได้นั้นต้องอาศัยเว็บเซิร์ฟเวอร์เป็นผู้ช่วยในการแสดงผล โดยเราจะสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์ขึ้นมาเพื่อดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลแล้วไปแสดงผลที่เว็บเพจ ภาพรวมแนวคิดการออกแบบวงจรแสดงดังรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** ภาพรวมของการออกแบบวงจร

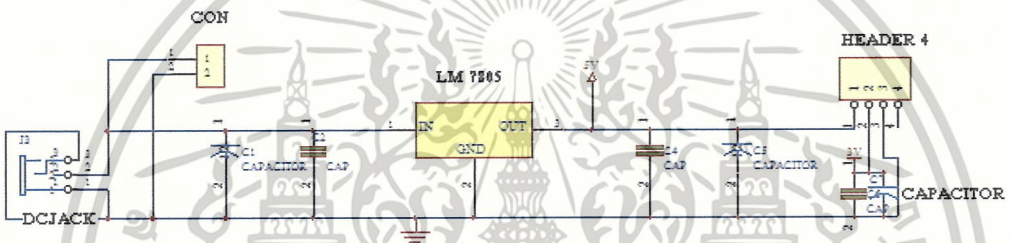
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 วงจรใช้งาน

ในโครงงานนี้ ประกอบไปด้วยวงจรใช้งานหลายส่วนซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกันไปดังนี้

### 3.2.1 วงจรไฟเลี้ยง (Power Supply)

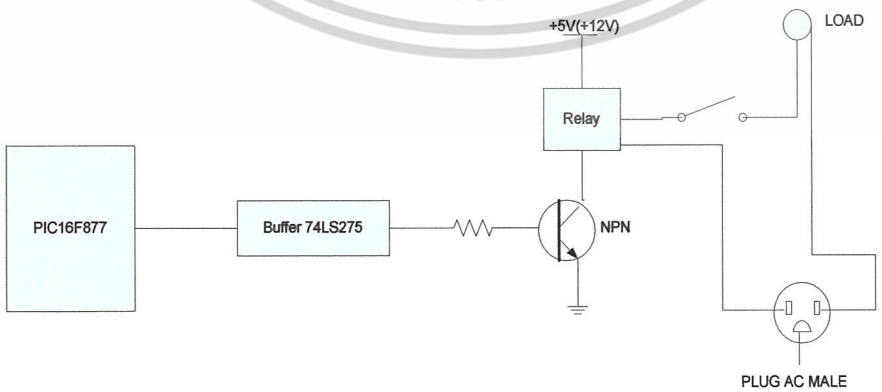
วงจรในส่วนนี้มีหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 9 โวลต์ ให้เหลือ 5 โวลต์โดยใช้ IC เบอร์LM7805 เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับ BUFFER และใช้ IC เบอร์ KIA278R33PI แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 5 โวลต์ให้เหลือ 3.3 โวลต์ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับคอนโทรลเลอร์และ RF Module ซึ่งวงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.2




**รูปที่ 3.2** วงจร Power Supply

### 3.2.2 วงจรขยายกระแส

วงจรขยายกระแส มีหน้าที่ในการขยายกระแสไฟฟ้าที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานได้ จึงจำเป็นต้องมีการขยายกระแสก่อน ซึ่งการทำงานของวงจรขยายกระแสแสดงได้ดังรูปที่ 3.3

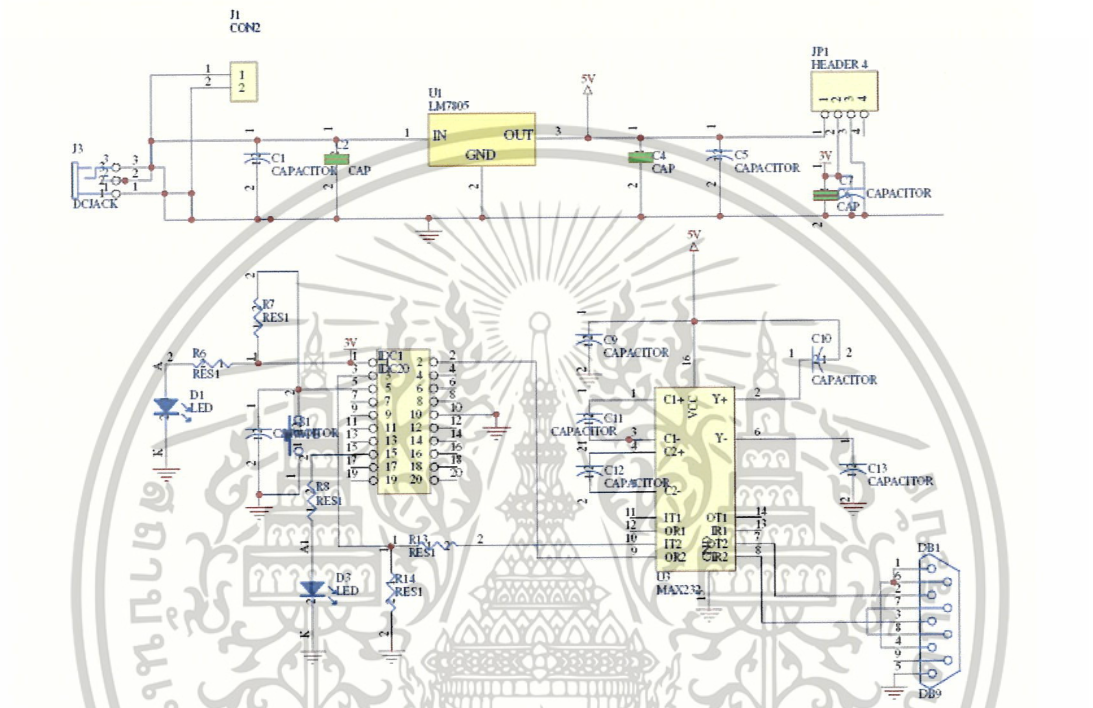



**รูปที่ 3.3** วงจรขยายกระแส

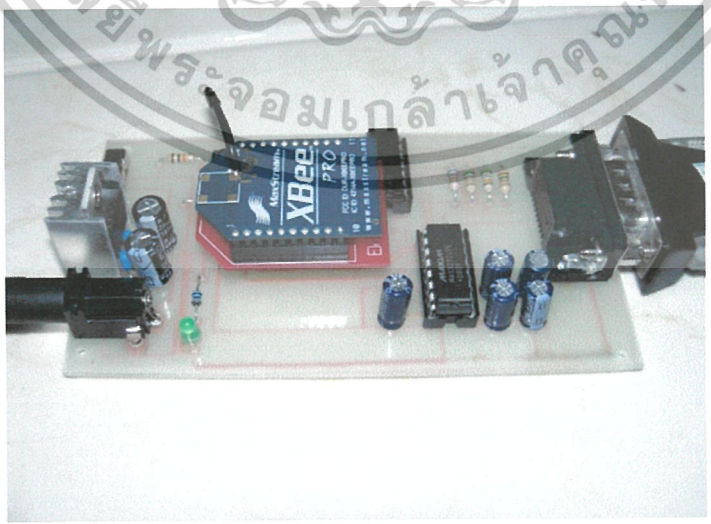
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 วงจร RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต

วงจร RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต มีหน้าที่ในการรับข้อมูลจากส่วนของวงจรหลัก (Main Circuit) และส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมเพื่อทำการเก็บข้อมูลและแสดงผลทางอินเตอร์เน็ตต่อไป ซึ่งวงจรแสดงดังรูปที่ 3.4




**รูปที่ 3.4** RF Module (XBee) เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ต

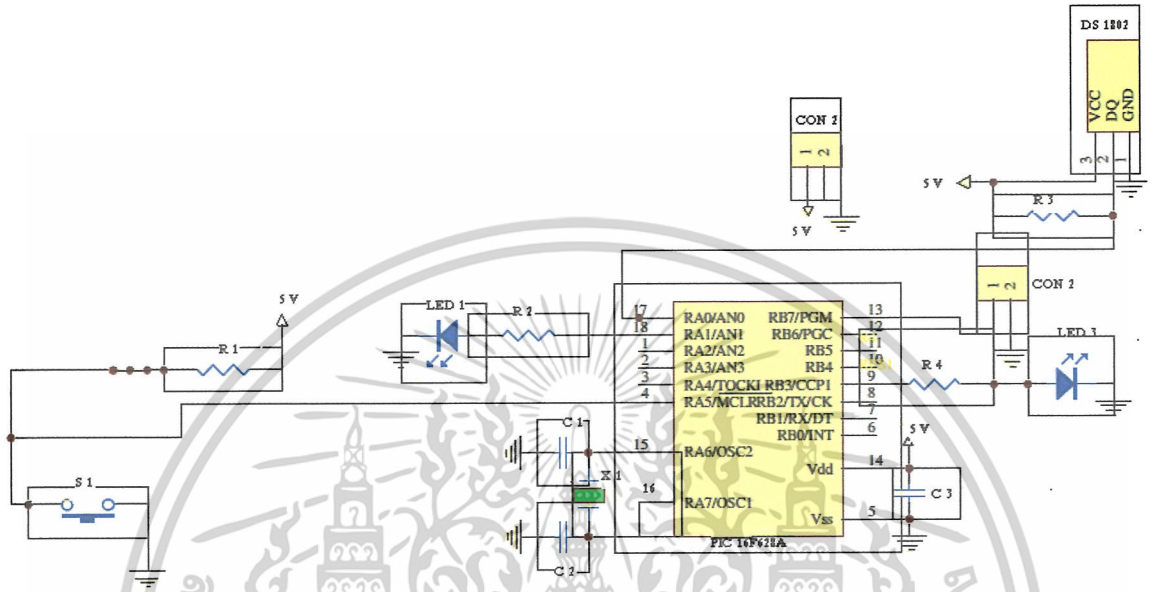



**รูปที่ 3.5** RF Module เชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 วงจรตรวจจับอุณหภูมิ (Temp Sensor)

วงจรนี้ใช้ไอซี DS1820 เป็นตัววัดอุณหภูมิความร้อนที่เกิดขึ้น โดยหากอุณหภูมิสูงเกิน 50 องศาเซลเซียสเซนเซอร์ตรวจจับก็จะทำงาน วงจรตรวจจับอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 3.6

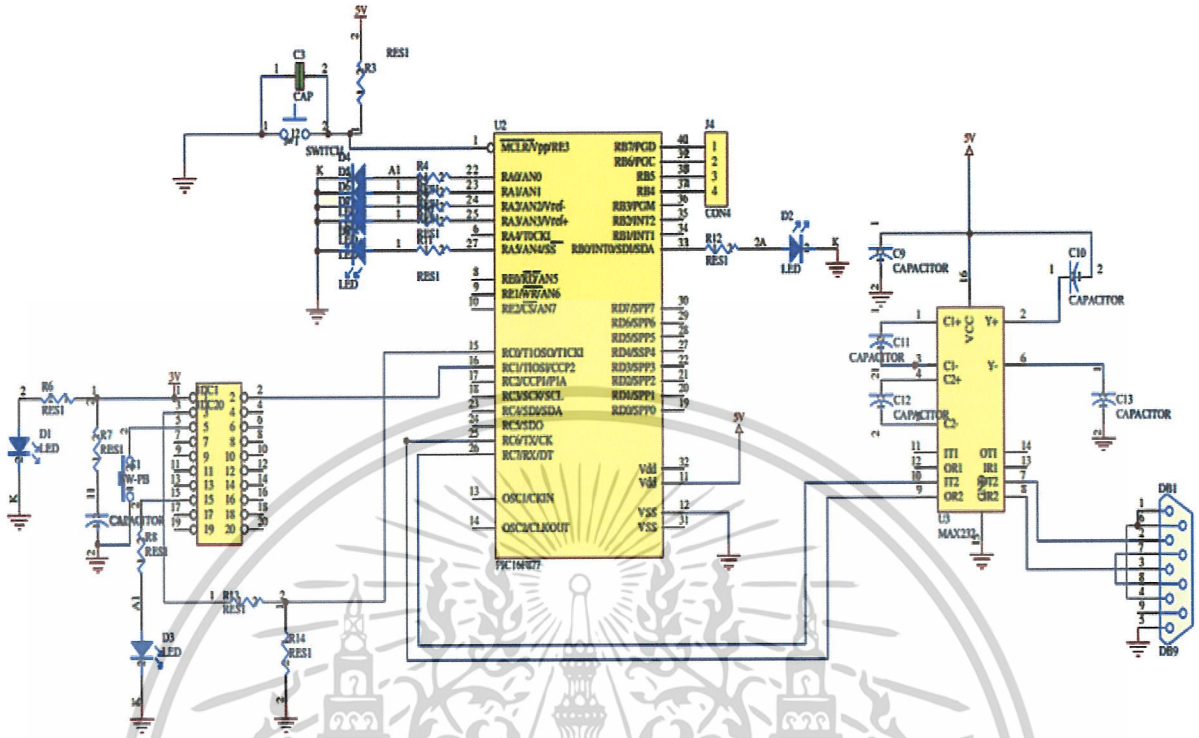



**รูปที่ 3.6** เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ

### 3.2.5 วงจรหลัก (Main Circuit)

วงจรในส่วนนี้ อาจกล่าวได้ว่าเป็นวงจรกลางที่ใช้ในการควบคุมและส่งสัญญาณ เนื่องจากประกอบด้วยส่วนของการรับสัญญาณจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ตรวจจับ ส่วนรับส่งข้อมูลผ่านทางโทรศัพท์มือถือและส่วนของการส่งข้อมูลผ่านทาง RF Module ซึ่งวงจรการทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.7

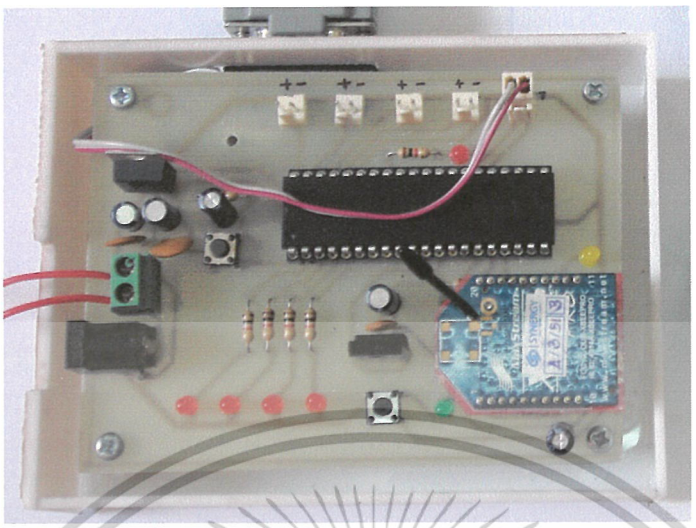
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



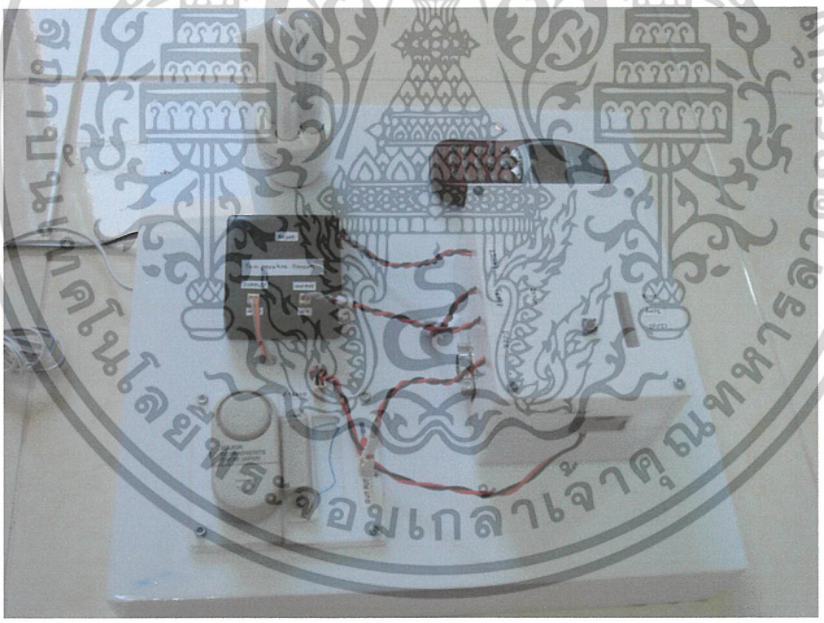

**รูปที่ 3.7** วงจรหลัก (Main Circuit)

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าวงจรหลักที่ใช้เป็นหน่วยควบคุมนั้น ประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผล LED ใช้ในการแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเซนเซอร์ ไอซี MAX232 ใช้ในการแปลงระดับสัญญาณของการสื่อสารแบบอนุกรม พอร์ตอนุกรมของ RS232 (DB-9) ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และโทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์สื่อสารทางไกลแบบไร้สายหรือ XBee ซึ่งใช้ในการติดต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตนั่นเอง วงจรที่เสร็จสมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

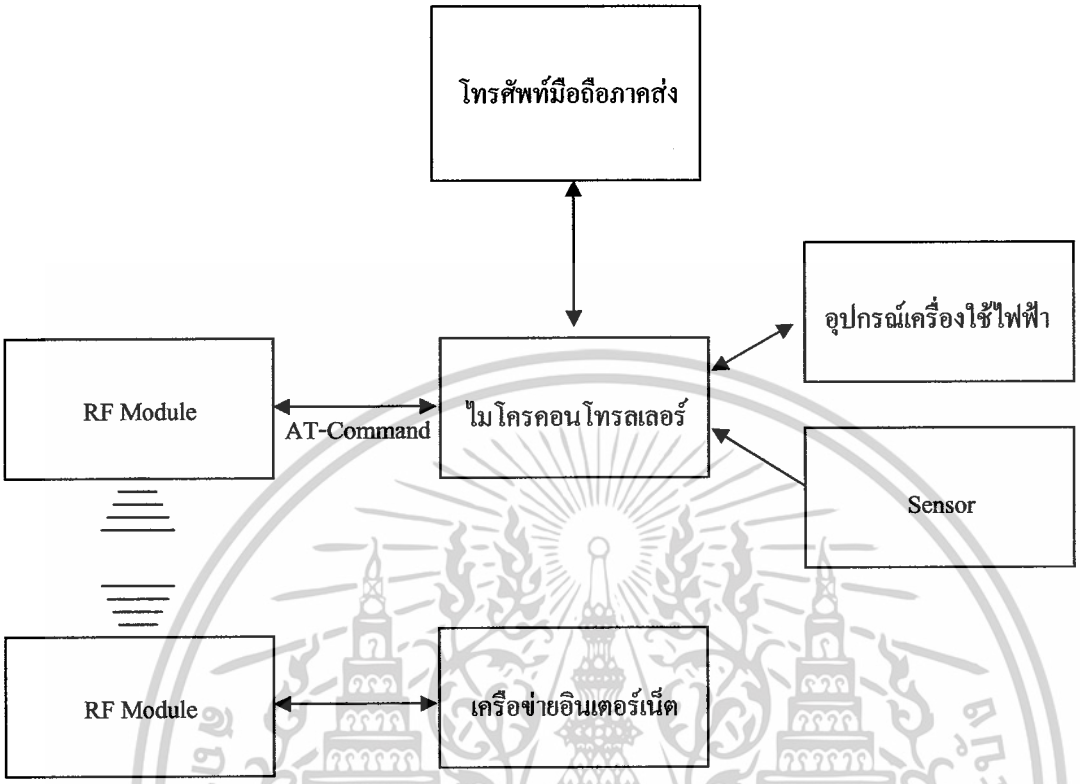


**รูปที่ 3.8** วงจรหลักที่เสร็จสมบูรณ์



**รูปที่ 3.9** การต่อวงจรหลักเข้ากับเซนเซอร์และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.10** รูปแบบการทำงานของวงจร

รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการทำงานของวงจร ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการประมวลผล โดยมีการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือผ่านทางคำสั่งเอที คอมมานด์และติดต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารทางไกลแบบไร้สาย (RF Module)

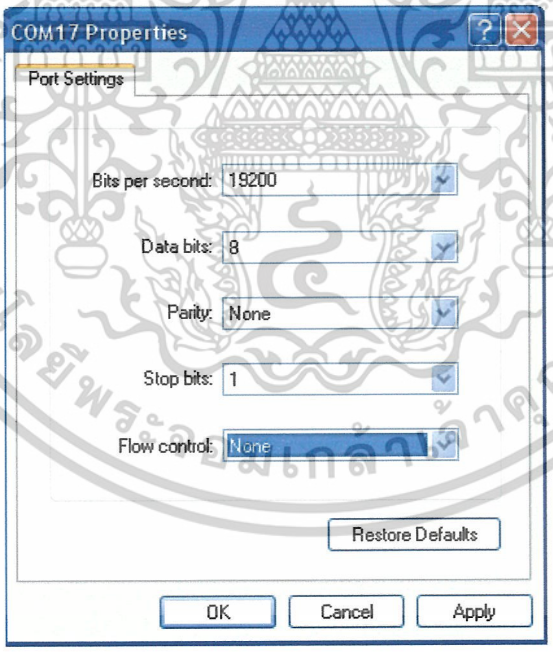
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดลองและผลการทดลอง

ขั้นตอนแรกเป็นการทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือและ RF Module โดยมีขั้นตอนดังนี้

## 4.1 การทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือ

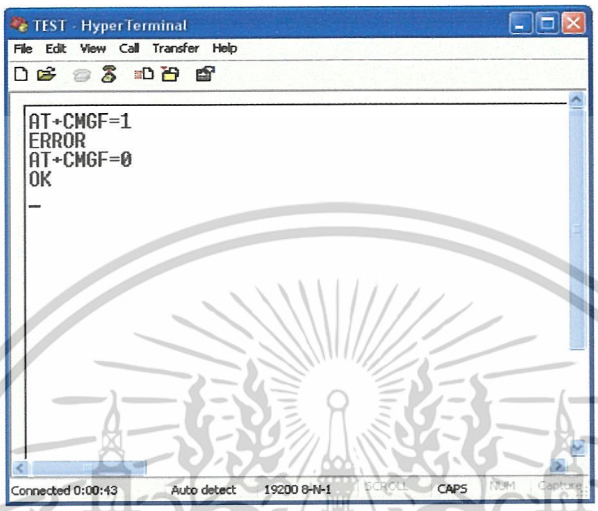
ในการทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ (AT Command) ของโทรศัพท์มือถือสามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายดาต้าลิงค์ (Data Link) จากนั้นเข้าโปรแกรมไฮเปอร์เทอมินอล (HyperTerminal) ในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วกำหนดค่าบอดเรต (Baud rate) ให้ตรงกับโทรศัพท์มือถือซึ่งเท่ากับ 19200 เฮิรตซ์ (Hz) โดยการกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือแสดงได้ดังรูปที่ 4.1




**รูปที่ 4.1** แสดงการกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

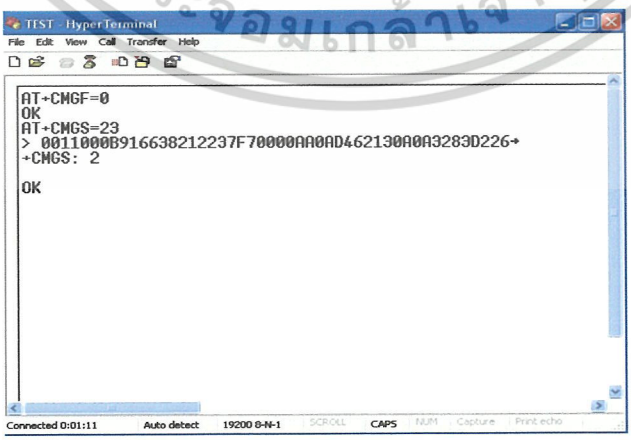
จากนั้นทำการทดลองโดยการพิมพ์คำสั่งเอที คอมมานด์ลงไปในโปรแกรม ซึ่งถ้าโปรแกรมแสดงตัวอักษร OK นั่นคือโทรศัพท์มือถือสามารถรองรับคำสั่งเอที คอมมานด์ได้ แต่ถ้าโปรแกรมแสดงข้อความ ERROR แสดงว่าโทรศัพท์มือถือนี้ ไม่รองรับคำสั่งดังกล่าวดังรูปที่ 4.2




**รูปที่ 4.2** แสดงคำสั่งที่ใช้ติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าโทรศัพท์มือถือรุ่นนี้รองรับได้แค่พีดียูโหมด (PDU Mode) เนื่องจากคำสั่ง AT+CMGF=0 หมายถึงการเลือกรับส่งข้อความในรูปแบบพีดียูโหมด ส่วนคำสั่ง AT+CSMF= 1 นั้นหมายถึงการเลือกรับส่งข้อมูลในรูปแบบเท็กซ์โหมด (Text Mode)

จากนั้นทำการทดลองส่งข้อความสั้น (SMS) โดยใช้คำสั่งเอที คอมมานด์ผ่านทางโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล โดยส่งคำว่า TEMP ALARM ไปยังโทรศัพท์หมายเลข 0831222737 พบว่าสามารถส่งข้อความสั้นผ่านโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลได้ ดังรูปที่ 4.3

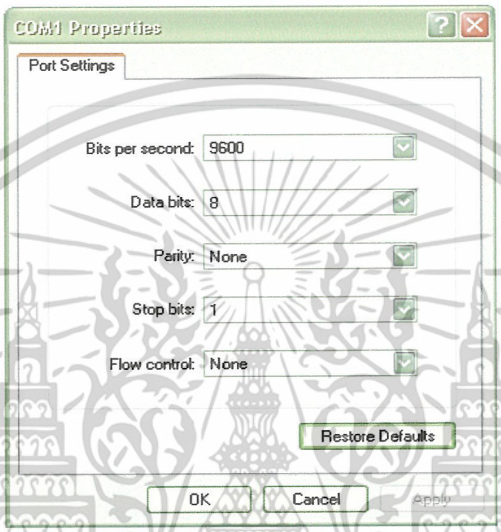



**รูปที่ 4.3** แสดงการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

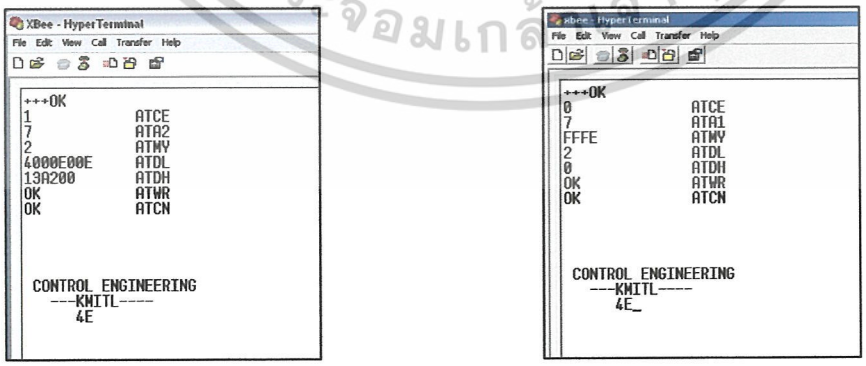
## 4.2 การทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ (AT Command) ของ RF Module

การทดลองชุดคำสั่งเอที คอมมานด์ (AT Command) ของRF Module สามารถทำได้โดยการเชื่อมต่อ RF Module เข้ากับคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 ฝั่งจากนั้นเข้าโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (HyperTerminal) ในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วกำหนดค่าบอดเรต (Baud rate) ให้ตรงกับ RF Module ซึ่งเท่ากับ 9600 เฮิรตซ์ (Hz) โดยการกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับ RF Module แสดงดังรูปที่ 4.4




**รูปที่ 4.4** แสดงการกำหนดค่าสำหรับการติดต่อกับRF Module

จากนั้นก็ทำการทดลองโดยการพิมพ์คำสั่งเอที คอมมานด์ลงไปในโปรแกรมทั้ง 2 ฝั่งซึ่งการที่ RF Module ทั้ง 2 ฝั่งจะสามารถสื่อสารกันได้จะต้อง มี PAN ID Channel และ Address ที่ตรงกันจึงจะสามารถติดต่อกันได้ การติดต่อกันของ RF Module แสดงดังรูปที่ 4.5




(ก) (ข)

**รูปที่ 4.5** (ก) แสดงคำสั่งAT – Command สำหรับ Coordinator

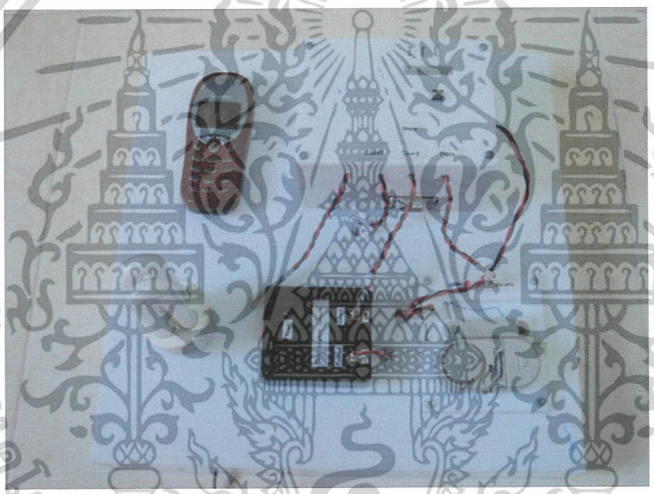
(ข) แสดงคำสั่งAT – Command สำหรับ End device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

## 4.3 การทดลองการทำงานของวงจร

การทดลองการทำงานของวงจร เริ่มจากต่อเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ เซนเซอร์ตรวจจับการเปิดประตู หน้าต่าง และหลอดไฟ เข้ากับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามที่กำหนดไว้ จากนั้นเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือเข้ากับวงจรหลักโดยผ่านทางสายดาต้าลิงค์ และจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรหลัก ซึ่งการต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับวงจรหลักแสดงดังรูปที่ 4.6



**รูปที่ 4.6** การต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับวงจรหลัก

### 4.3.1 การทดลองรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรหลักกับโทรศัพท์มือถือและเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

การทดลองรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรหลักกับโทรศัพท์มือถือและเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมีการทดลองทั้งหมด 3 ลักษณะด้วยกันดังนี้

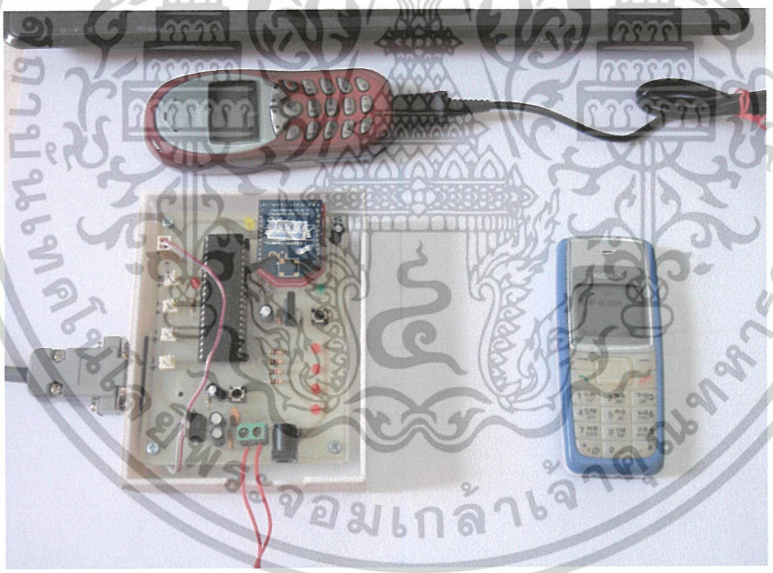
1) การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ โดยการให้ความร้อนกับเซนเซอร์จนกระทั่งอุณหภูมิที่เซนเซอร์ตรวจจับได้มีค่าเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่กำหนดให้เป็นจุดทำงานของเซนเซอร์ พบว่าเซนเซอร์มีการส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อความ TEMP ALARM ไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดไว้ได้ และยังสามารถแสดงสถานะการเตือนออกทางหน้าเว็บเพจได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับการเปิดปิดประตู หน้าต่าง เนื่องจากอุปกรณ์ชนิดนี้อาศัยหลักการของสนามแม่เหล็กในการทำงาน ดังนั้นเมื่อทำการทดลองโดยทำให้อุปกรณ์ทั้งสองแยกออกจากกัน เซนเซอร์จึงเกิดการตรวจจับ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถส่งข้อความ DOOR OPEN ไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดไว้ได้ และสามารถแสดงสถานะการเตือนออกทางหน้าเว็บเพจได้ด้วย

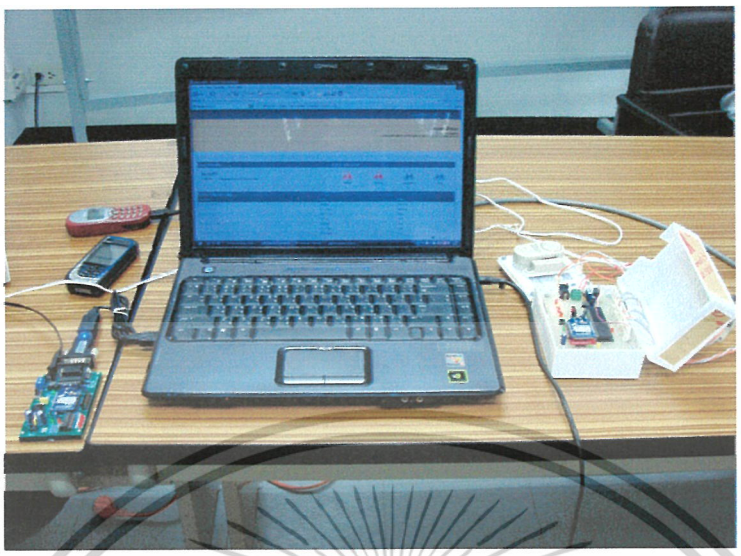
3) การทดสอบการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โดยในการทดลองนี้ใช้การส่งข้อความสั้น (SMS) ในการสั่งการเปิดปิดหลอดไฟ โดยเมื่อทดลองส่งข้อความ LIGHT ON มายังเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับวงจรหลัก พบว่าหลอดไฟติดสว่าง ในทำนองเดียวกันเมื่อทดลองส่งข้อความ LIGHT OFF หลอดไฟก็จะดับ

การทดลองการทำงานของวงจรในส่วนของการรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรหลักกับโทรศัพท์มือถือและการส่งข้อมูลจากวงจรหลักไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแสดงดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8



**รูปที่ 4.7** แสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรหลักกับโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.8** แสดงการส่งการแจ้งเตือนจากวงจรหลักไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

### 4.3.2 การทดลองการส่งข้อมูลจากวงจรหลักไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ในส่วนนี้เป็นการทดลองการส่งข้อมูลไปยังเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งประกอบด้วยการรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม การเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล และการนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูลมาแสดงผลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งมีวิธีการทดลองในแต่ละขั้นตอนดังนี้

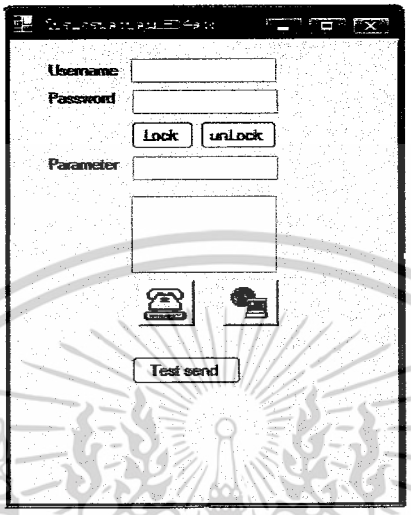
#### 4.3.2.1. การทดลองการรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อรับข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปการสื่อสารแบบไร้สาย เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับมาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และเก็บเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลต่อไป สำหรับการทดลองในส่วนนี้ได้นำโปรแกรม Visual Studio 2005 มาใช้ในการเขียนเว็บแอพพลิเคชั่น (Web Application) เพื่อใช้ในการรับและแสดงข้อมูลที่ส่งเข้ามาโดยผ่านทางการสื่อสารแบบอนุกรม และจากเว็บแอพพลิเคชั่น (Web Application) ชิ้นเดียวกันนี้ ได้เพิ่มการสร้างช่องทางเชื่อมต่อข้อมูลกับระบบฐานข้อมูลและเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อใช้ในการเชื่อมต่อดังกล่าวต่อไป

จากการทดลองพบว่า เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารทางไกลแบบไร้สาย (RF Module) ตัวรับข้อมูลแบบทางไกลไร้สายก็จะรับข้อมูลเข้ามา จากนั้นเว็บแอพพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Web Application) ที่เขียนรองรับไว้ก็รับข้อมูลและแสดงค่าข้อมูลที่รับมาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งแอพพลิเคชั่นที่ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมแสดงดังรูปที่ 4.9

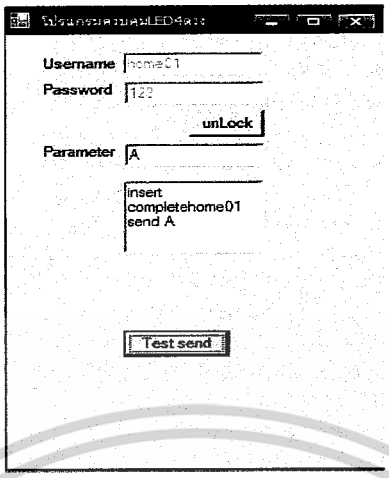



**รูปที่ 4.9** แอพพลิเคชั่นที่ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม

**4.3.2.2 การทดลองเก็บข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล**

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อนำข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาที่คอมพิวเตอร์ในรูปของการสื่อสารแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS232) และจัดเก็บข้อมูลนี้ให้อยู่ในระบบฐานข้อมูล โดยระบบฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้เขียนขึ้นโดยใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server ซึ่งจากการทดลองพบว่า ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์รับเข้ามาโดยผ่านทางการสื่อสารแบบอนุกรมนี้ได้ถูกจัดเก็บลงสู่ระบบฐานข้อมูลอย่างถูกต้องและไม่เกิดการสูญหายของข้อมูล ซึ่งการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม และระบบฐานข้อมูลต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.10-4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.10** แสดงการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

Data in Table 'history' in 'HOMEDB' on '(local)'

| username | date | alert | status | id |
|---|---|---|---|---|
| home01 | 10/2/2552 22:36:2 | ไฟไหม้ | stop | 23 |
| home01 | 10/2/2552 22:36:5 | Door Open | stop | 24 |
| home01 | 11/2/2552 0:37:33 | Door Open | stop | 25 |
| home01 | 11/2/2552 0:40:50 | ไฟไหม้ | stop | 26 |
| home01 | 11/2/2552 1:27:57 | Door Open | stop | 29 |
| home01 | 11/2/2552 1:32:33 | Door Open | stop | 36 |
| home01 | 11/2/2552 1:32:57 | ไฟไหม้ | stop | 37 |
| home01 | 11/2/2552 1:33:16 | ไฟไหม้ | stop | 38 |
| home01 | 11/2/2552 1:34:15 | Door Open | stop | 39 |
| home01 | 11/2/2552 1:35:15 | Door Open | stop | 42 |

**รูปที่ 4.11** ระบบฐานข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

Data in Table 'user' in 'HOMEDB' on '(local)'

| username | password | usertype | address |
|---|---|---|---|
| admin | admin | admin | test address admin |
| home01 | 123 | user | 36 huanumtok rd. r |

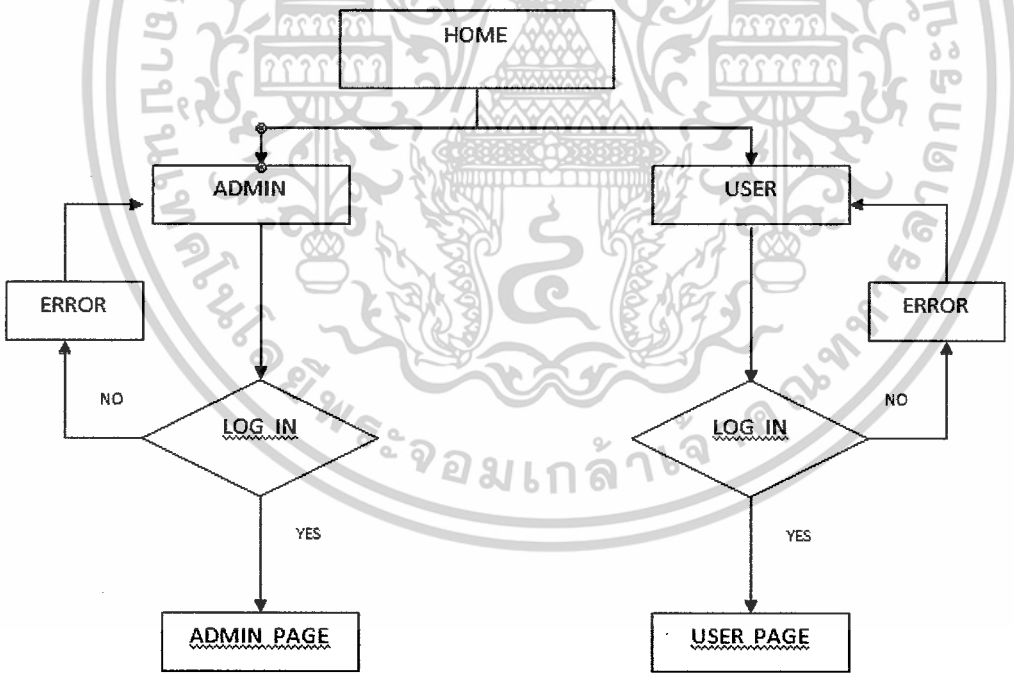
**รูปที่ 4.12** ระบบฐานข้อมูลรายละเอียดของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.2.3 การทดลองนำข้อมูลที่ระบบฐานข้อมูลมาแสดงผลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต**

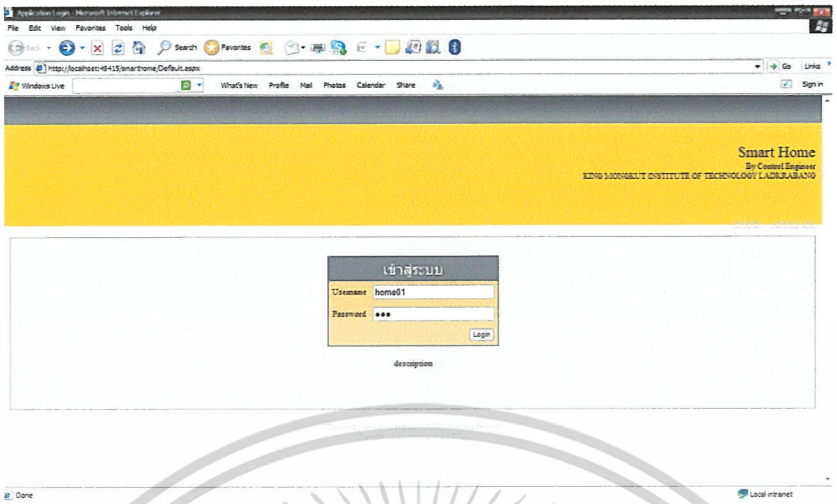
การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อนำข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูลมาแสดงบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ในการทดลองได้นำโปรแกรม Visual Studio 2005 มาใช้ในการเขียนเว็บเพจซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของระบบฐานข้อมูล

จากการทดลอง เมื่อทำการร้องขอหรือเรียกข้อมูลที่เก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลผ่านเว็บเพจ พบว่าเว็บเพจที่ได้เขียนรองรับไว้สามารถเรียกและแสดงข้อมูลสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับและเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องตามเวลาจริง (Real Time) นอกจากนั้นทางผู้รักษาระบบยังสามารถแก้ไขข้อมูลโดยผ่านเว็บเพจที่ได้เขียนรองรับไว้ได้อีกด้วย โดยการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต การแสดงสถานะการทำงานและการแก้ไขข้อมูลบนหน้าเว็บเพจแสดงดังรูปที่ 4.13-4.18

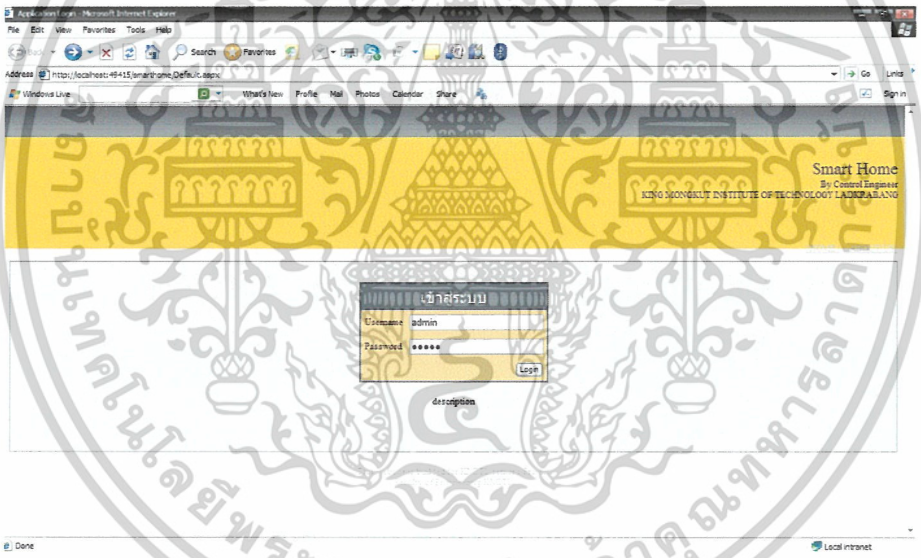



**รูปที่ 4.13** ลำดับการเชื่อมต่อข้อมูลของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

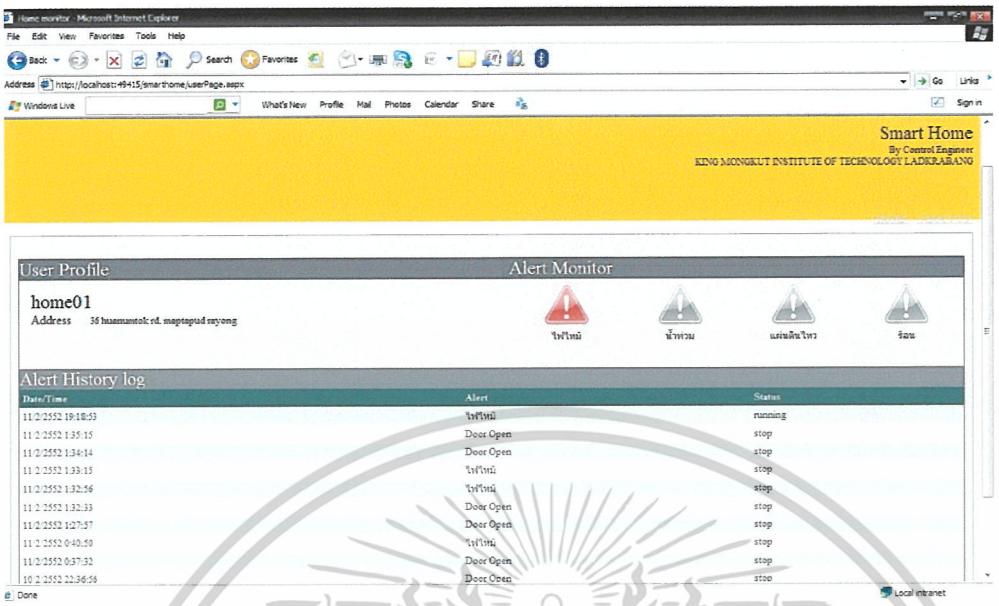



**รูปที่ 4.14** แสดงการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตของผู้ใช้

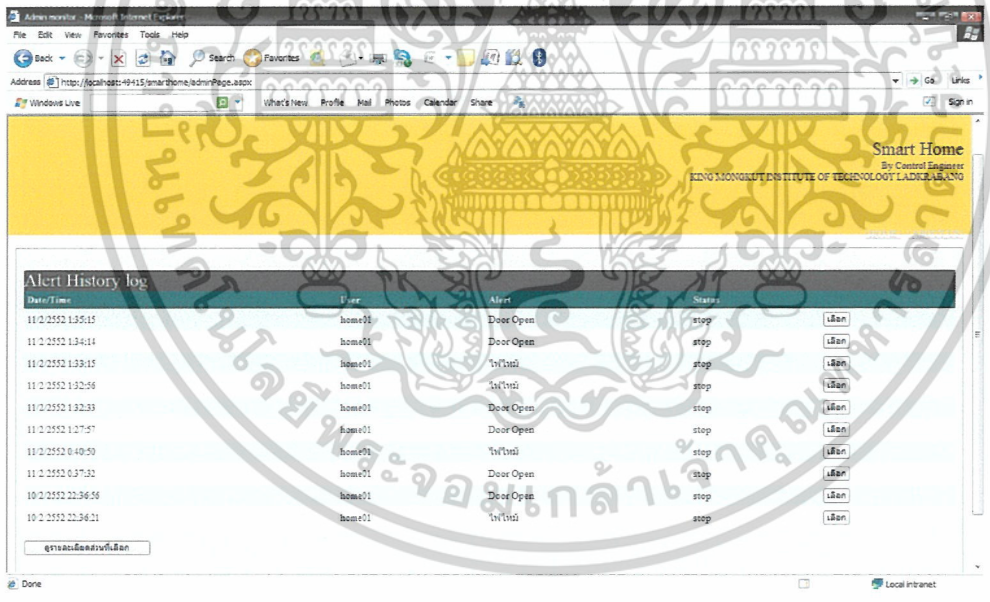



**รูปที่ 4.15** แสดงการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตของผู้ดูแลระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

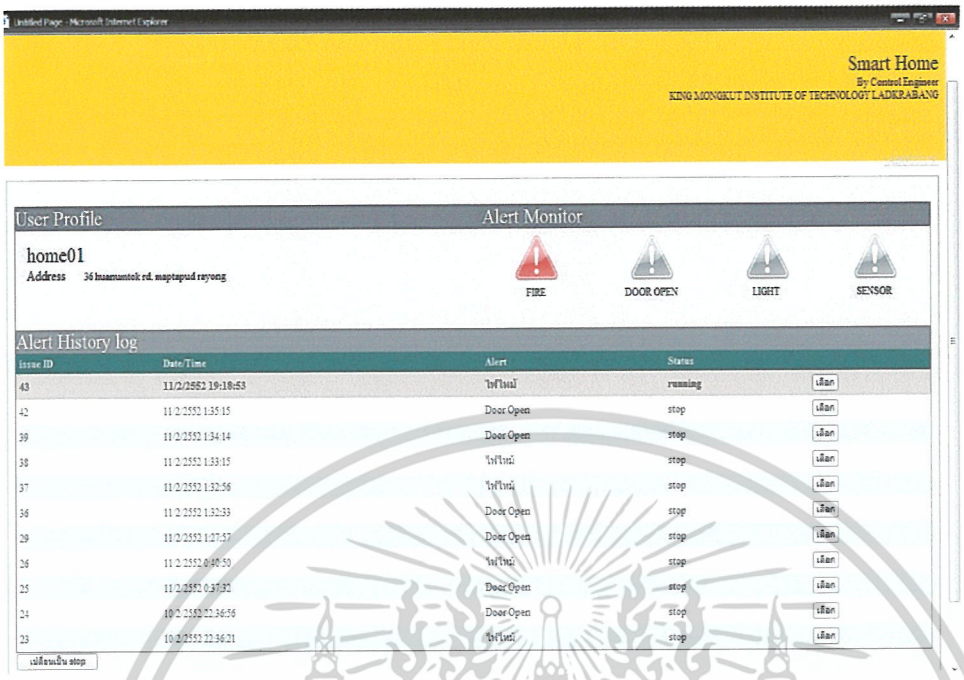



**รูปที่4.16** การแสดงสถานะของอุปกรณ์ตรวจจับตามจุดต่างๆภายในบ้าน




**รูปที่ 4.17** แสดงการแก้ไขข้อมูลของผู้รักษาระบบ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.18** แสดงการแก้ไขข้อมูลของผู้รักษาระบบ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุปและบทวิจารณ์

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านทางการส่งข้อความสั้น (SMS) ของโทรศัพท์มือถือได้ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับของระบบเตือนภัยต่างๆ ภายในบ้านผ่านทางการส่งข้อความสั้น (SMS) และเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแบบเวลาจริง (Real Time) ได้อีกด้วย ซึ่งการทำงานดังกล่าวนี้ยังให้ผลที่ถูกต้อง ชัดเจนและเชื่อถือได้

โครงงานนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F877 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อกับโทรศัพท์มือถือได้โดยอาศัยการสื่อสารแบบอนุกรมผ่านทางสายดาต้าลิงค์ (Data Link) โดยเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับหรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ก็จะส่งสัญญาณซึ่งอยู่ในรูปของรหัสพีดียูไปยังโทรศัพท์มือถือภาคส่งเพื่อให้โทรศัพท์มือถือภาคส่งทำการแปลงรหัสพีดียูกลับไปเป็นข้อความเพื่อส่งออกไปยังโทรศัพท์มือถือภาครับต่อไป ในทำนองเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสามารถทำงานตามคำสั่งควบคุมที่ได้รับจากโทรศัพท์มือถือของผู้สั่งการได้โดยวิธีการเดียวกันนี้ นอกจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ยังสามารถทำงานร่วมกับระบบอินเตอร์เน็ตโดยผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย (RF Module) ระบบฐานข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ (web server) ทำให้สามารถแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางหน้าเว็บเพจแบบเวลาจริงได้อีกด้วย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าระบบควบคุมนี้สามารถทำงานเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติภายในบ้านได้เป็นอย่างดี

## 5.2 ปัญหาในการดำเนินการ

เนื่องจากระบบควบคุมที่ทำขึ้นนั้นจะต้องใช้โทรศัพท์มือถือเป็นหลักในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งถ้าโทรศัพท์มือถืออยู่ในสถานที่ที่อับสัญญาณ การส่งข้อความเพื่อสั่งการมายังอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอาจจะมีปัญหาได้ เช่น ไม่สามารถรับ-ส่งข้อความได้ หรืออาจทำให้การรับ-ส่งข้อความเกิดการล่าช้า

ปัญหาอีกประการหนึ่งคือ โทรศัพท์มือถือบางรุ่นมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น โหมดคำสั่งที่ใช้ในการรับส่งข้อความ การจัดเก็บข้อความในกล่องข้อความ ระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น ดังนั้นในการนำโทรศัพท์มือถือมาใช้งานร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ จึงต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดเหล่านี้ร่วมด้วย

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อสารแบบไร้สายผ่านทางการส่งข้อความสั้นในเบื้องต้น ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้โทรศัพท์รุ่นซีเมนส์ C35 นี้ก็เนื่องมาจากสามารถเข้าถึงระบบการส่งข้อความสั้นได้ง่าย เนื่องจากมีผู้เคยทำการศึกษาไว้ก่อนแล้ว แต่เนื่องจากในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว บริษัทผู้ผลิต ได้ทำการผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้มีฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ เพิ่มมากขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น จึงอาจจะใช้โครงงานนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อเลือกใช้การแจ้งเตือนผ่านทางรูปแบบอื่นๆ ที่เหมาะสมและทันสมัยต่อไป และในส่วนของการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ถ้าสามารถพัฒนาให้มีการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยผ่านทางหน้าเว็บเพจได้โดยตรงก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ในส่วนของเซนเซอร์ที่ใช้ในโครงงานนั้น เป็นการประยุกต์เอาวงจรที่มีอยู่ทั่วไปและง่ายต่อการทดสอบมาใช้งาน ซึ่งควรจะพัฒนาในส่วนของอุปกรณ์ตรวจจับนี้ให้ดียิ่งขึ้น โดยการนำเอาอุปกรณ์เตือนภัยที่มีจำหน่ายทั่วไปซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าหรือเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับที่เป็นที่นิยมมาใช้งานแทน จะเป็นการทำให้ระบบรักษาความปลอดภัยนี้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] ดอนสัน ปงผาบ, ทิพวัลย์ คำน้ำนอง. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการประยุกต์ใช้งาน.** พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์ส.ส.ท. .2551

[2] ประจิน พลังสันติกุล. **All About CCS C (PIC C Programming with CCS C Compile).** กรุงเทพ: สำนักพิมพ์แอพซอฟต์เทค จำกัด.2551

[3] สุรสิทธิ์ คิวประสพศักดิ์, นันทนี แขวงโสภา. **อินไซท์ Visual Basic.NET.** กรุงเทพ: บริษัทโปรวิชั่น. 2546

[4] นเรศ นันทบุรมย์, จิรวัฒน์ ผดุงกิจจานนท์. ASP.NET 2.0 ฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: บริษัทซัคเซส มีเดีย จำกัด. 2550

[5] http://twit88.com/home/

[6] http://www.gsm-modem.de/

[7] http://www.astronlogic.com

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

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

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

[11] http://www.dreamfabric.com/sms/pid.html

[12] http://www.developershome.com/sms/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน

โครงงานนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นหน่วยประมวลผลและใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจร โดยมีรายละเอียดของโปรแกรมดังนี้

```
#include <16F877.h>
#fuses   HS,NOPROTECT,NOWDT,NOBROWNOUT
#include <string.h>
#use     delay(clock=20000000)
#use     rs232(baud=19200,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7,stream=sms,errors)
#use     rs232(baud=9600,xmit=pin_c0,rcv=pin_c1,stream=xbee,errors)
#include <stdlib.h>
#include "input.c"
#INT_RDA
#ignore_warnings 202

short int RX=0;
char n1=0,n2=0,n3=0,n4=0,n5=0,n6=0,n7=0,n8=0,n9=0,n10=0,n11=0;
char ch;
int read=0;

void RxD_ISR(void)
{
   ch=fgetc(sms);
   if(ch=='C')
   { ch=fgetc(sms);
     if(ch=='C')
   { ch=fgetc(sms);
     if(ch=='E')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   { n1=fgetc(sms);
     n2=fgetc(sms);
     n3=fgetc(sms);
     n4=fgetc(sms);
     n5=fgetc(sms);
     n6=fgetc(sms);
     n7=fgetc(sms);
     n8=fgetc(sms);
     n9=fgetc(sms);
     n10=fgetc(sms);
     n11=fgetc(sms);
   }
   }
   }
   if((n10=='9')&&(n11=='D'))
     {
      output_high(pin_A1);
     }
   if((n10=='8')&&(n11=='D'))
     {
      output_low(pin_A1);
     }
    RX = 1;
}

void main()
  {
      int clearlogictemp=0;
      int clearlogicdoor=0;
      set_tris_b(0xF0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   enable_interrupts(GLOBAL);
   enable_interrupts(INT_RDA);
while (TRUE)
{

   if(rx)
   {
   rx=0;
   }
   fprintf(xbee,"%c%c%c%c%c%c%c%c%c%c%c",n1,n2,n3,n4,n5,n6,n7,n8,n9,n10,n11);
   n1=n2=n3=n4=n5=n6=n7=n8=n9,n10,n11=0;
   fprintf(xbee,"read=%d",read);
   if(!input(pin_b6))
   {
     if(clearlogictemp==0)
      {
       output_high(pin_a3);
       fprintf(sms,"at");
       delay_ms(200);
       fprintf(sms,"\r\n");
       delay_ms(200);
       fprintf(sms,"at+cmgf=0");
       delay_ms(200);
       fprintf(sms,"\r\n");
       delay_ms(200);
       fprintf(sms,"at+cmgs=23");
       delay_ms(200);
       fprintf(sms,"\r\n");
       delay_ms(200);
       fprintf(sms,"0011000B916668364342F80000AA0AD462130A0A3283D226");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      delay_ms(200);
      fputc(26,sms);
      delay_ms(200);
     }
      clearlogictemp=1;
      fprintf(xbee,"\r\nA");
     }

if(!input(pin_b7))
 {
      if(clearlogicdoor==0)
      {
      output_high(pin_a2);
      fprintf(sms,"at");
      delay_ms(200);
      fprintf(sms,"\r\n");
      delay_ms(200);
      fprintf(sms,"at+cmgf=0");
      delay_ms(200);
      fprintf(sms,"\r\n");
      delay_ms(200);
      fprintf(sms,"at+cmgs=22");
      delay_ms(200);
      fprintf(sms,"\r\n");
      delay_ms(200);
      fprintf(sms,"0011000B916668364342F80000AA09C4E7530A7A428B4E");
      delay_ms(200);
      fputc(26,sms);
      delay_ms(200);
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            clearlogicdoor=1;
            fprintf(xbee,"\r\nB");
        }

    if(read==10)

            {
            fprintf(sms,"at+cmgl=0");
            delay_ms(200);
            fprintf(sms,"\r\n");
            delay_ms(200);
            read=0;
            }
      read++;


      output_toggle(pin_a0);
      delay_ms(300);

    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# การใช้งาน RF Module ของ MaxStream เบอร์ XBP24-AWI-001

## 1. Coordinator/ End Device Setup and Operation

กำหนดให้ Module เป็น Coordinator โดยการกำหนดพารามิเตอร์ CE เป็น "1" และกำหนดให้เป็น End Device (CE=0)

## 2. 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 และส่งคำสั่ง Beacon Request ไปยัง broadcast address (0xFFFF) และ broadcast PAN ID (0xFFFF) เวลาที่ Coordinator ดำเนินการบนแต่ละ channel ถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อหมดเวลา Active Scan จะเลือก channel อื่นและส่ง Beacon Request อีกครั้ง กระบวนการนี้จะทำต่อเนื่องจนกระทั่ง channel ทั้งหมดถูก Scan เสร็จแล้ว หรือจนกระทั่ง 5 PAN ถูกค้นพบแล้ว เมื่อ Active Scan ทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ผลที่ได้ประกอบด้วย list ของ PAN ID และchannel ที่จะถูกใช้ในการกำหนด PAN ID ที่เป็นเอกลักษณ์ให้ Coordinator ตัวใหม่ พารามิเตอร์ ID จะถูกจดจำไว้ ถ้ามันไม่ถูกพบในผลจาก Active Scan อีกในหนึ่งการกำหนดพารามิเตอร์ ID (PAN ID) จะถูก Update ไปเป็น PAN ID ที่ไม่ตรวจพบ

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

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 energy นั้น ถูกกำหนดโดยพารามิเตอร์ SD (Scan Duration) เมื่อ scan energy บน channel เสร็จสมบูรณ์แล้ว Energy Scan จะเลือก channel ถัดไปและเริ่ม scan channel ใหม่ กระบวนการนี้จะทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่ง channel ทั้งหมดถูกscanหมดแล้ว เมื่อ Energy Scan เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์แล้วค่า energy สูงสุดบนแต่ละ channel ที่ถูกใช้กำหนด channel ที่มี energy น้อยที่สุดที่ถูกตรวจพบ ดังนั้นผลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Energy Scan และActive Scan ถ้าดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วจะถูกใช้ในการหา channel ที่ดีที่สุด คือ channel ที่มี energy น้อยสุด เมื่อเลือก channel ที่ดีที่สุดได้แล้ว ค่าพารามิเตอร์ CH (Channel) จะถูก Update ที่channel นั้น

Set (bit 1 = 0) Energy Scan ไม่ถูกดำเนินการ

3) Start Coordinator

Coordinator จะ start บน channel พารามิเตอร์ที่ถูกระบุไว้อย่างชัดเจนที่ถูกเลือกตามขั้นตอนที่ 1 และ2 Coordinator จะอนุญาตให้ End Device สามารถ association กับ coordinator ได้ ถ้าพารามิเตอร์ A2 "Allow Association" flag ถูกกำหนด

4) Coordinator Modification

เมื่อcoordinator start เรียบร้อยแล้วพารามิเตอร์ ID CH MY หรือ A2 (Reassign_Channal หรือ Reassign_PAN ID bit) ไม่ควรถูกเปลี่ยน

**3. 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 จะดำเนินการ โดย พารามิเตอร์ ID CH และ MY ของตัวมันเอง

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 เมื่อActive Scan เสร็จสิ้นลงผลที่ได้จะประกอบด้วย list ของ PAN ID และ Channel ที่ถูกใช้เมื่อตรวจพบ PAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว End device จะเลือก Coordinator เพื่อที่จะ associate กันตามที่กล่าวไว้ใน A1 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 ให้ตรงกับ การ 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 ให้ตรงกับการกำหนด CH ของ End device

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

3) Associate to Valid Coordinator

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

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

**4. 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(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) ให้ match กับ Source Address (SL+SH) ของ destination module ที่สนใจ

Unicast Mode

RF Module จะดำเนินการใน Unicast Mode ในขณะที่ Module ตัวรับส่ง ACK (acknowledgement) ของ RF packet ไปยังตัวส่ง (transmitter) ถ้าModule ตัวส่งไม่รับ ACK Module ตัวส่งจะส่ง packet ใหม่จนถึง 3 ครั้ง หรือจนกระทั่ง ACK ถูกรับแล้ว

- short 16-bit addresses

Module สามารถใช้ 16-bit addresses เป็น Source Address โดยการ set (MY<0xFFFE) การset พารามิเตอร์ DH (DH=0) จะconfigure Destination Address ให้เป็น 16-bit address (if DL< 0xFFFE) สำหรับ 2 Module ที่ communicate กันใช้ short address Destination Address ของ Module ตัวส่งจะต้อง match กับ 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 ที่ store ไว้ใน parameter SH และ SL

เมื่อEnd device associate กับ Coordinator MY ของ End device จะถูก set เป็น 0xFFFE เพื่อEnable 64-bit address 64-bit address ของ Module จะถูกstore ในparameter SH และ SL เพื่อส่ง packet ไปให้ Module นั้น Destination Address (DL+DH) บน Module ตัวส่ง จะต้อง match กับ serial number address (SL+SH) ของ Module ตัวรับ

Broadcast Mode

เมื่อ Module ดำเนินการใน Broadcast Mode module ตัวรับจะไม่ส่ง ACK และ module ตัวส่ง จะไม่ส่ง packet เหมือนในกรณีของ Unicast Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อส่ง broadcast packet ไปยัง module ทั้งหมดของ 16-bit หรือ 64-bit address Set address ปลายทางของ module ดังนี้แสดงตัวอย่างดังต่อไปนี้

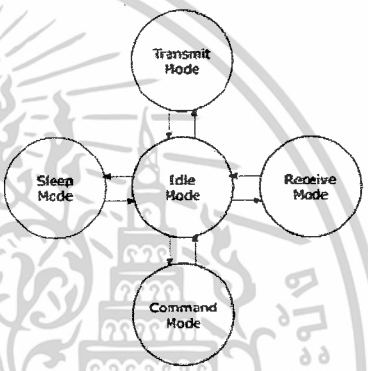
ตัวอย่าง Network Configuration (Module ทั้งหมดใน Network ):

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

**5. Modes of Operation**

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

Figure 2-07. Modes of Operation




1) 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)

2) Transmit / Receive Mode

-RF Data Packet

Data Packet แต่ละอันถูกส่งจะประกอบด้วย Source Address และ Destination Address Source Address จะต้อง match กับ Address ของ Module ตัวส่งโดย parameter MY (Source Address) (ถ้า MY >= 0xFFFE) parameter SH (Serial Number High) หรือ SL (Serial Number Low) Destination Address ถูกกำหนดจากค่าparameter DH (Destination Address High) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)ภายหลังที่destination 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 นั้นถูก available เพื่อ transmission การdetect energy บน Channel ถูกเปรียบเทียบกับค่าparameter CA(Clear Channel Assessment) ถ้า detect energy ดีกว่า ค่าของparameter CA packet จะไม่ถูกส่ง

-Acknowledgement

ถ้าการ Transmission ไม่ใช่ broadcast message moduleนั้นจะรับ acknowledgement จาก destination node ถ้า acknowledgement ไม่ถูกรับไป packet จะถูกส่งกลับมากกว่า 3 ครั้ง ถ้า acknowledgement ยังไม่ถูกรับ หลังจาก transmission ทั้งหมด ACK failure จะถูกแสดงให้เห็น

3) Sleep Mode

- Sleep_RQ (pin 9) ถูก assert (= "1")

- module อยู่ใน Idle Mode (ไม่มีการรับ - การส่ง) define โดย parameter ST (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 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) 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 จากการsleep ในPin 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

5) 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 จากการsleep ในPin Hibernate Mode (Sleep_RQ = 0) Module จะตื่นเมื่อ Sleep_RQ ถูก set เป็น "0" และพร้อมที่จะส่งหรือรับเมื่อ CTS เป็น Low เมื่อModule ตื่นขึ้น pin จะต้องsetเป็น "0" เป็นเวลาอย่างน้อยที่สุด 2 byte times หลังจาก CTS เป็น Low

6) 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 ถูกset เป็น "4" Module จะถูกทำให้หลับจากนั้นจะตื่น 1ครั้ง ต่อcycle เพื่อcheck ว่ามีData จาก module configure เป็น Cyclic Sleep Coordinator (SM=0 , CE=1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cyclic sleep Remote จะส่ง Poll Request ไปยัง Coordinator ในช่วงเวลาที่ set โดย parameter SP (Cyclic Sleep Period) Coordinator จะส่งany queued data address ไปยังRemote ตัวนั้นในเวลาการรับ Poll Request ถ้าไม่มีdata ที่จะส่งให้ remote อยู่ในqueue Coordinator จะไม่ส่ง data และ remote จะกลับไปทำ Sleep mode ถ้าqueued data ถูกส่งกลับไปยัง remote remote จะยังคงตื่นเพื่ออนุญาตให้ มีการติดต่อกันจนกระทั่ง ST (Time before sleep) หมดเวลา

7) 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 module จะตื่นเมื่อ CTS เป็น Low ในขณะที่พร้อมที่จะส่งหรือรับActivity จะ Reset ST (Time before sleep) ดังนั้น module จึงจะกลับไปหลับภายหลังจากที่ไม่มี activity ในช่วงระยะเวลา ของ ST เมื่อ module ตื่นขึ้นอีกครั้ง (ควบคุมโดย Pin) นอกจากนี้ Pin activity ถูกเพิกเฉย module จะกลับสู่ Sleep Mode ตามที่ ST time ถูกกำหนดของสถานะของ Pin

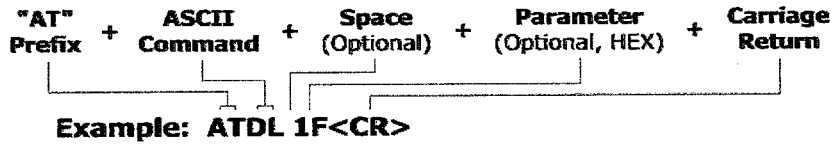
8) Cyclic Sleep Coordinator (SM = 6)

- Typical current = Receive current
- Always awake

Module จะปลุก remote ที่หลับอยู่ (Cyclic Sleep) Coordinator จะยอมรับ message address ไปยัง 16-bit หรือ 64-bit address และคงค่ามันใน buffer จนกระทั่ง remote ตื่นและส่ง poll request Message โดยจะไม่ส่งโดยตรง (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 ให้ตรงกับค่าที่มีใช้ใน remote

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**6. การใช้ AT Command**




เช่น อ่านค่า พิมพ์ ATDL enter <0>

เปลี่ยนค่า พิมพ์ ATDL 02 enter <OK>

**1) การเข้าออก AT Command**

การเข้า AT Command

- เข้าโดยใช้หลัก GT+CC+GT

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

CC คือตัวอักษร 3 ตัวใช้สำหรับเข้าAT Command ถูกกำหนดไว้ว่าต้องพิมพ์ 3 ตัว ใน1 sec กำหนดได้ตั้งแต่ 0-0xFF default 0x2B (เครื่องหมาย + )

การออก AT Command

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

**ตารางอธิบายคำสั่ง AT Command**

| AT Command | Description | Parameter Range | Default |
|---|---|---|---|
| WR | **Write** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อเก็บค่าต่างๆลงใน non-volatile memoryเพื่อที่เมื่อถูกresetค่าparameter ต่างๆจะไม่หายไป | - | - |
| RE | **Restore Defaults** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อคืนค่าdefault parameter ต่างๆ ให้กลับmodule (factory default | - | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| | parameter) | | |
| FR | **Software Reset** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อreset ค่าparameter และlist ของการเชื่อมต่อทั้งหมด | - | - |
| CH | **Channel** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่าoperating channel เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายในnetwork | 0x0B - 0x1A (XBee) 0x0C- 0x17(XBeePro) | 0x0C (12d) |
| **AT Command** | **Description** | **Parameter Range** | **Default** |
| ID | **PAN ID** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่าPAN ID เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายในnetwork | 0 - 0xFFFF | 0x3332 (13106d) |
| DH | **Destination Address High** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า Destination Address High(32 bit) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายในnetwork | 0 - 0xFFFFFFFF | 0 |
| DL | **Destination Address Low** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า Destination Address Low (32 bit) เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายในnetwork | 0 - 0xFFFFFFFF | 0 |
| MY | **16-bit Network Address** : ใช้คำสั่งนี้เพื่อ set/read ค่า 16-bit Network Address เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันภายในnetwork | 0 - 0xFFFF | 0 |
| SH | **Serial Number High** : read ค่า Serial Number High (64 bit) ที่ให้มาตั้งแต่ที่factory | 0 - 0xFFFFFFFF [read-only] | Factory-set |
| SL | **Serial Number Low** : read ค่า Serial Number Low (64 bit) ที่ให้มาตั้งแต่ที่factory | 0 - 0xFFFFFFFF [read-only] | Factory-set |
| CE | **Coordinator Enable** : set/read the coordinator setting | 0 - 1<br>0 = End Device<br>1 = Coordinator | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| AT Command | Description | Parameter Range | Default |
|---|---|---|---|
| A1 | **End device Association**: set/read End device association option<br>bit 0 - ReassignPanID<br>0 - Will only associate with Coordinator operating on PAN ID that matches module ID<br>1 - May associate with Coordinator operating on any PAN ID<br>bit 1 - ReassignChannel<br>0 - Will only associate with Coordinator operating on matching CH Channel setting<br>1 - May associate with Coordinator operating on any Channel<br>bit 2 - AutoAssociate<br>0 - Device will not attempt Association<br>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<br>bit 3 - PollCoordOnPinWake<br>0 - Pin Wake will not poll the Coordinator for indirect (pending) data<br>1 - Pin Wake will send Poll Request to Coordinator to extract any pending data<br>bits 4 - 7 are reserved | 0 - 0x0F [bitfield] | 0 |
| A2 | **Coordinator Association**. Set/Read Coordinator association options.<br>bit 0 - ReassignPanID<br>0 - Coordinator will not perform Active Scan to | 0 - 7 [bitfield] | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| | locate available PAN ID. It will operate on ID (PAN ID).<br>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<br>1 - ReassignChannel<br>0 - Coordinator will not perform Energy Scan to determine free channel. It will operate on the channel determined by the CH parameter.<br>1 - Coordinator will perform Energy Scan to find a free channel, then operate on that channel.<br>bit 2 - AllowAssociation<br>0 - Coordinator will not allow any devices to associate to it.<br>1 - Coordinator will allow devices to associate to it.<br>bits 3 - 7 are reserved | | |
| SM | **Sleep Mode:**<br>0 = No Sleep<br>1 = Pin Hibernate<br>2 = Pin Doze<br>3 = Reserved<br>4 = Cyclic sleep remote<br>5 = Cyclic sleep remote w/ pin wake-up<br>6 = [Sleep Coordinator] for backwards compatibility w/ v1.x6 only; otherwise, use CE command. | 0 - 5 | 0 |
| ST | **Time before Sleep:เป็นช่วงเวลาก่อนการเข้าสู่** sleep mode โดยถ้ามีการส่ง-รับเกิดขึ้นจะเป็นการreset ค่า ST ให้เริ่มต้นใหม่ | 1 - 0xFFFF [x 1 ms] | 0x1388 (5000d) |
| | **Cyclic Sleep Period** : เป็นช่วงเวลาของการหลับซึ่ง | 0 - 0x68B0 [x 10 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| SP | จะตื่นอีกทีตามเวลาที่กำหนดไว้(SP) | ms] | |
| **AT Command** | **Description** | **Parameter Range** | **Default** |
| 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค
# เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

## ค-1 เอกสารคู่มือการใช้งาน PIC16F87X

MICROCHIP

# PIC16F87X

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

**Devices Included in this Data Sheet:**

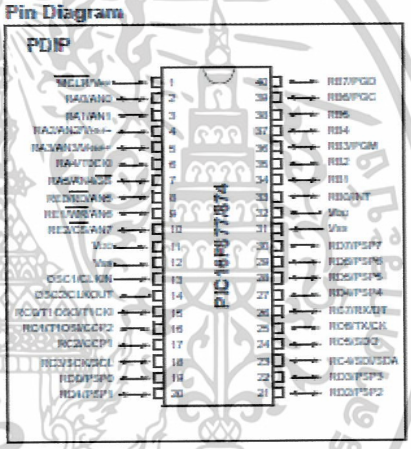
- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

**Microcontroller Core Features:**

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
  DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
  Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
  Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 μA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 μA typical standby current

**Pin Diagram**

PDIP




**Peripheral Features:**

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during SLEEP via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and $I^2C$™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023) | PIC16F873 | PIC16F874 | PIC16F876 | PIC16F877 |
|---|---|---|---|---|
| Operating Frequency | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz | DC - 20 MHz |
| RESETS (and Delays) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) | POR, BOR (PWRT, OST) |
| FLASH Program Memory (14-bit words) | 4K | 4K | 8K | 8K |
| Data Memory (bytes) | 192 | 192 | 368 | 368 |
| EEPROM Data Memory | 128 | 128 | 256 | 256 |
| Interrupts | 13 | 14 | 13 | 14 |
| I/O Ports | Ports A,B,C | Ports A,B,C,D,E | Ports A,B,C | Ports A,B,C,D,E |
| Timers | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Capture/Compare/PWM Modules | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Serial Communications | MSSP, USART | MSSP, USART | MSSP, USART | MSSP, USART |
| Parallel Communications | — | PSP | — | PSP |
| 10-bit Analog-to-Digital Module | 5 input channels | 8 input channels | 5 input channels | 8 input channels |
| Instruction Set | 35 instructions | 35 instructions | 35 instructions | 35 instructions |

# PIC16F87X

**TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION**

| Pin Name | DIP Pin# | PLCC Pin# | QFP Pin# | I/O/P Type | Buffer Type | Description |
|---|---|---|---|---|---|---|
| OSC1/CLKIN | 13 | 14 | 30 | I | ST/CMOS(4) | Oscillator crystal input/external clock source input. |
| OSC2/CLKOUT | 14 | 15 | 31 | O | — | Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate. |
| MCLR/VPP | 1 | 2 | 18 | I/P | ST | Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device. |
| | | | | | | PORTA is a bi-directional I/O port. |
| RA0/AN0 | 2 | 3 | 19 | I/O | TTL | RA0 can also be analog input0. |
| RA1/AN1 | 3 | 4 | 20 | I/O | TTL | RA1 can also be analog input1. |
| RA2/AN2/VREF- | 4 | 5 | 21 | I/O | TTL | RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. |
| RA3/AN3/VREF+ | 5 | 6 | 22 | I/O | TTL | RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. |
| RA4/T0CKI | 6 | 7 | 23 | I/O | ST | RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/ counter. Output is open drain type. |
| RA5/SS/AN4 | 7 | 8 | 24 | I/O | TTL | RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port. |
| | | | | | | PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. |
| RB0/INT | 33 | 36 | 8 | I/O | TTL/ST(1) | RB0 can also be the external interrupt pin. |
| RB1 | 34 | 37 | 9 | I/O | TTL | |
| RB2 | 35 | 38 | 10 | I/O | TTL | |
| RB3/PGM | 36 | 39 | 11 | I/O | TTL | RB3 can also be the low voltage programming input. |
| RB4 | 37 | 41 | 14 | I/O | TTL | Interrupt-on-change pin. |
| RB5 | 38 | 42 | 15 | I/O | TTL | Interrupt-on-change pin. |
| RB6/PGC | 39 | 43 | 16 | I/O | TTL/ST(2) | Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. |
| RB7/PGD | 40 | 44 | 17 | I/O | TTL/ST(2) | Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data. |

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

**Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
**2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
**3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
**4:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

| Pin Name | DIP Pin# | PLCC Pin# | QFP Pin# | I/O/P Type | Buffer Type | Description |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | PORTC is a bi-directional I/O port. |
| RC0/T1OSO/T1CKI | 15 | 16 | 32 | I/O | ST | RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. |
| RC1/T1OSI/CCP2 | 16 | 18 | 35 | I/O | ST | RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. |
| RC2/CCP1 | 17 | 19 | 36 | I/O | ST | RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. |
| RC3/SCK/SCL | 18 | 20 | 37 | I/O | ST | RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and $I^2C$ modes. |
| RC4/SDI/SDA | 23 | 25 | 42 | I/O | ST | RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O ($I^2C$ mode). |
| RC5/SDO | 24 | 26 | 43 | I/O | ST | RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). |
| RC6/TX/CK | 25 | 27 | 44 | I/O | ST | RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. |
| RC7/RX/DT | 26 | 29 | 1 | I/O | ST | RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data. |
| | | | | | | PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus. |
| RD0/PSP0 | 19 | 21 | 38 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD1/PSP1 | 20 | 22 | 39 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD2/PSP2 | 21 | 23 | 40 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD3/PSP3 | 22 | 24 | 41 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD4/PSP4 | 27 | 30 | 2 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD5/PSP5 | 28 | 31 | 3 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD6/PSP6 | 29 | 32 | 4 | I/O | ST/TTL(3) | |
| RD7/PSP7 | 30 | 33 | 5 | I/O | ST/TTL(3) | |
| | | | | | | PORTE is a bi-directional I/O port. |
| RE0/$\overline{RD}$/AN5 | 8 | 9 | 25 | I/O | ST/TTL(3) | RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. |
| RE1/$\overline{WR}$/AN6 | 9 | 10 | 26 | I/O | ST/TTL(3) | RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. |
| RE2/$\overline{CS}$/AN7 | 10 | 11 | 27 | I/O | ST/TTL(3) | RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7. |
| Vss | 12,31 | 13,34 | 6,29 | P | — | Ground reference for logic and I/O pins. |
| VDD | 11,32 | 12,35 | 7,28 | P | — | Positive supply for logic and I/O pins. |
| NC | — | 1,17,28, 40 | 12,13, 33,34 | | — | These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected. |

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

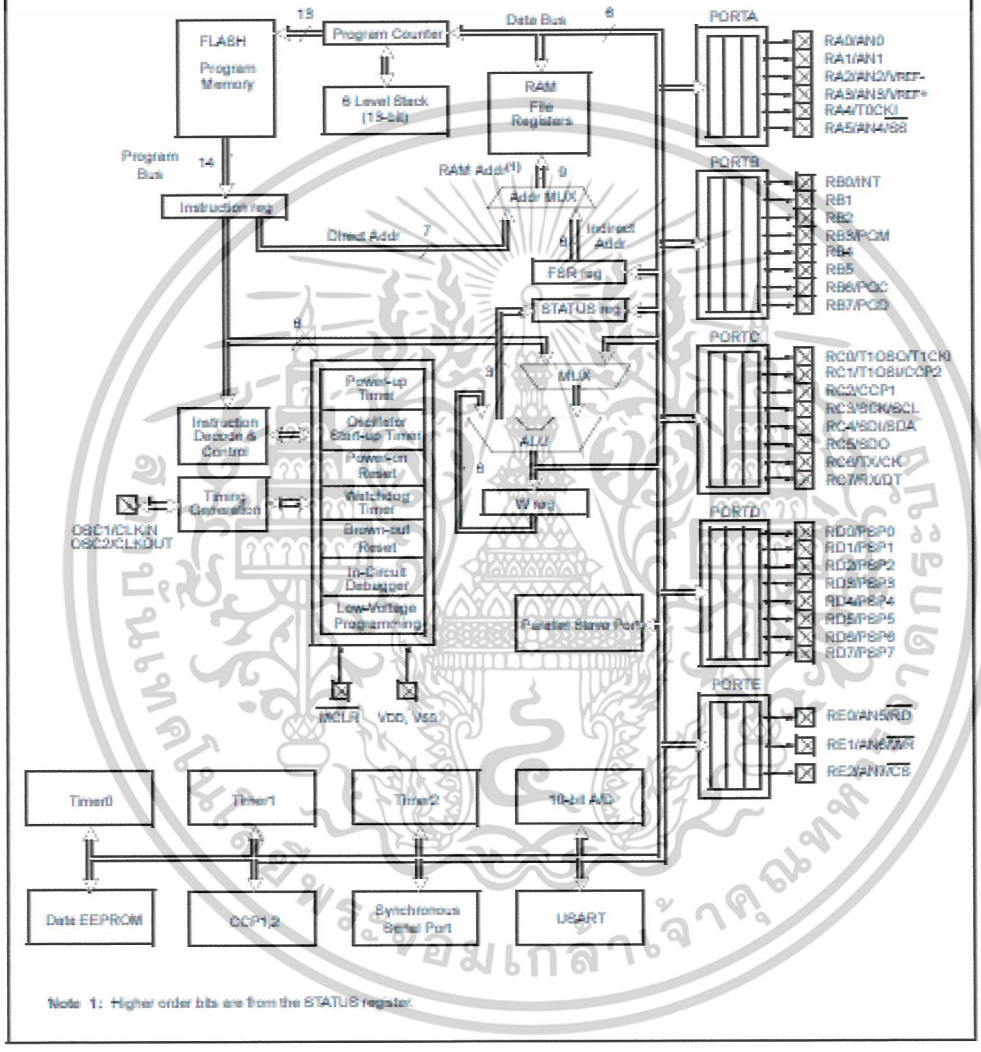
**Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PIC16F87X

**FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM**

| Device | Program FLASH | Data Memory | Data EEPROM |
|---|---|---|---|
| PIC16F874 | 4K | 192 Bytes | 128 Bytes |
| PIC16F877 | 8K | 368 Bytes | 256 Bytes |




Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FIGURE 2-3: PIC16F877/876 REGISTER FILE MAP**

| File Address | Bank 0 | File Address | Bank 1 | File Address | Bank 2 | File Address | Bank 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00h | Indirect addr.(*) | 80h | Indirect addr.(*) | 100h | Indirect addr.(*) | 180h | Indirect addr.(*) |
| 01h | TMR0 | 81h | OPTION_REG | 101h | TMR0 | 181h | OPTION_REG |
| 02h | PCL | 82h | PCL | 102h | PCL | 182h | PCL |
| 03h | STATUS | 83h | STATUS | 103h | STATUS | 183h | STATUS |
| 04h | FSR | 84h | FSR | 104h | FSR | 184h | FSR |
| 05h | PORTA | 85h | TRISA | 105h | | 185h | |
| 06h | PORTB | 86h | TRISB | 106h | PORTB | 186h | TRISB |
| 07h | PORTC | 87h | TRISC | 107h | | 187h | |
| 08h | PORTD(1) | 88h | TRISD(1) | 108h | | 188h | |
| 09h | PORTE(1) | 89h | TRISE(1) | 109h | | 189h | |
| 0Ah | PCLATH | 8Ah | PCLATH | 10Ah | PCLATH | 18Ah | PCLATH |
| 0Bh | INTCON | 8Bh | INTCON | 10Bh | INTCON | 18Bh | INTCON |
| 0Ch | PIR1 | 8Ch | PIE1 | 10Ch | EEDATA | 18Ch | EECON1 |
| 0Dh | PIR2 | 8Dh | PIE2 | 10Dh | EEADR | 18Dh | EECON2 |
| 0Eh | TMR1L | 8Eh | PCON | 10Eh | EEDATH | 18Eh | Reserved(2) |
| 0Fh | TMR1H | 8Fh | | 10Fh | EEADRH | 18Fh | Reserved(2) |
| 10h | T1CON | 90h | | 110h | | 190h | |
| 11h | TMR2 | 91h | SSPCON2 | 111h | | 191h | |
| 12h | T2CON | 92h | PR2 | 112h | | 192h | |
| 13h | SSPBUF | 93h | SSPADD | 113h | | 193h | |
| 14h | SSPCON | 94h | SSPSTAT | 114h | | 194h | |
| 15h | CCPR1L | 95h | | 115h | | 195h | |
| 16h | CCPR1H | 96h | | 116h | | 196h | |
| 17h | CCP1CON | 97h | | 117h | General Purpose Register 16 Bytes | 197h | General Purpose Register 16 Bytes |
| 18h | RCSTA | 98h | TXSTA | 118h | | 198h | |
| 19h | TXREG | 99h | SPBRG | 119h | | 199h | |
| 1Ah | RCREG | 9Ah | | 11Ah | | 19Ah | |
| 1Bh | CCPR2L | 9Bh | | 11Bh | | 19Bh | |
| 1Ch | CCPR2H | 9Ch | | 11Ch | | 19Ch | |
| 1Dh | CCP2CON | 9Dh | | 11Dh | | 19Dh | |
| 1Eh | ADRESH | 9Eh | ADRESL | 11Eh | | 19Eh | |
| 1Fh | ADCON0 | 9Fh | ADCON1 | 11Fh | | 19Fh | |
| 20h | | A0h | | 120h | | 1A0h | |
| | General Purpose Register 96 Bytes | | General Purpose Register 80 Bytes | | General Purpose Register 80 Bytes | | General Purpose Register 80 Bytes |
| 7Fh | | EFh | accesses 70h-7Fh | 16Fh | accesses 70h-7Fh | 1EFh | accesses 70h - 7Fh |
| | | F0h | | 170h | | 1F0h | |
| | Bank 0 | FFh | Bank 1 | 17Fh | Bank 2 | 1FFh | Bank 3 |

☐ Unimplemented data memory locations, read as '0'.
* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.
2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers are registers used by the CPU and peripheral modules for controlling the desired operation of the device. These registers are implemented as static RAM. A list of these registers is given in Table 2-1.

The Special Function Registers can be classified into two sets: core (CPU) and peripheral. Those registers associated with the core functions are described in detail in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in detail in the peripheral features section.

**TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY**

| Address | Name | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | Value on: POR, BOR | Details on page: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bank 0 | | | | | | | | | | | |
| 00h(3) | INDF | Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register) | | | | | | | | 0000 0000 | 27 |
| 01h | TMR0 | Timer0 Module Register | | | | | | | | xxxx xxxx | 47 |
| 02h(3) | PCL | Program Counter (PC) Least Significant Byte | | | | | | | | 0000 0000 | 26 |
| 03h(3) | STATUS | IRP | RP1 | RP0 | $\overline{TO}$ | $\overline{PD}$ | Z | DC | C | 0001 1xxx | 18 |
| 04h(3) | FSR | Indirect Data Memory Address Pointer | | | | | | | | xxxx xxxx | 27 |
| 05h | PORTA | — | — | PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read | | | | | | --0x 0000 | 29 |
| 06h | PORTB | PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read | | | | | | | | xxxx xxxx | 31 |
| 07h | PORTC | PORTC Data Latch when written: PORTC pins when read | | | | | | | | xxxx xxxx | 33 |
| 08h(4) | PORTD | PORTD Data Latch when written: PORTD pins when read | | | | | | | | xxxx xxxx | 35 |
| 09h(4) | PORTE | — | — | — | — | — | RE2 | RE1 | RE0 | ----.-xxx | 36 |
| 0Ah(1,3) | PCLATH | — | — | — | Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter | | | | | ---0 0000 | 25 |
| 0Bh(3) | INTCON | GIE | PEIE | T0IE | INTE | RBIE | T0IF | INTF | RBIF | 0000 000x | 20 |
| 0Ch | PIR1 | PSPIF(3) | ADIF | RCIF | TXIF | SSPIF | CCP1IF | TMR2IF | TMR1IF | 0000 0000 | 22 |
| 0Dh | PIR2 | — | (6) | — | EEIF | BCLIF | — | — | CCP2IF | -r-0 0--0 | 24 |
| 0Eh | TMR1L | Holding register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register | | | | | | | | xxxx xxxx | 52 |
| 0Fh | TMR1H | Holding register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register | | | | | | | | xxxx xxxx | 52 |
| 10h | T1CON | — | — | T1CKPS1 | T1CKPS0 | T1OSCEN | T1SYNC | TMR1CS | TMR1ON | --00 0000 | 51 |
| 11h | TMR2 | Timer2 Module Register | | | | | | | | 0000 0000 | 55 |
| 12h | T2CON | — | TOUTPS3 | TOUTPS2 | TOUTPS1 | TOUTPS0 | TMR2ON | T2CKPS1 | T2CKPS0 | -000 0000 | 55 |
| 13h | SSPBUF | Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register | | | | | | | | xxxx xxxx | 70, 73 |
| 14h | SSPCON | WCOL | SSPOV | SSPEN | CKP | SSPM3 | SSPM2 | SSPM1 | SSPM0 | 0000 0000 | 57 |
| 15h | CCPR1L | Capture/Compare/PWM Register1 (LSB) | | | | | | | | xxxx xxxx | 57 |
| 16h | CCPR1H | Capture/Compare/PWM Register1 (MSB) | | | | | | | | xxxx xxxx | 57 |
| 17h | CCP1CON | — | — | CCP1X | CCP1Y | CCP1M3 | CCP1M2 | CCP1M1 | CCP1M0 | --00 0000 | 59 |
| 18h | RCSTA | SPEN | RX9 | SREN | CREN | ADDEN | FERR | OERR | RX9D | 0000 000x | 86 |
| 19h | TXREG | USART Transmit Data Register | | | | | | | | 0000 0000 | 89 |
| 1Ah | RCREG | USART Receive Data Register | | | | | | | | 0000 0000 | 101 |
| 1Bh | CCPR2L | Capture/Compare/PWM Register2 (LSB) | | | | | | | | xxxx xxxx | 57 |
| 1Ch | CCPR2H | Capture/Compare/PWM Register2 (MSB) | | | | | | | | xxxx xxxx | 57 |
| 1Dh | CCP2CON | — | — | CCP2X | CCP2Y | CCP2M3 | CCP2M2 | CCP2M1 | CCP2M0 | --00 0000 | 59 |
| 1Eh | ADRESH | A/D Result Register High Byte | | | | | | | | xxxx xxxx | 115 |
| 1Fh | ADCON0 | ADCS1 | ADCS0 | CHS2 | CHS1 | CHS0 | GO/DONE | — | ADON | 0000 00-0 | 111 |

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices; read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PIC16F87X

**TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY (CONTINUED)**

| Address | Name | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | Value on: POR, BOR | Details on page: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bank 1 | | | | | | | | | | | |
| 80h(3) | INDF | Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register) | | | | | | | | 0000 0000 | 27 |
| 81h | OPTION_REG | RBPU | INTEDG | T0CS | T0SE | PSA | PS2 | PS1 | PS0 | 1111 1111 | 19 |
| 82h(3) | PCL | Program Counter (PC) Least Significant Byte | | | | | | | | 0000 0000 | 26 |
| 83h(3) | STATUS | IRP | RP1 | RP0 | $\overline{TO}$ | $\overline{PD}$ | Z | DC | C | 0001 1xxx | 18 |
| 84h(3) | FSR | Indirect Data Memory Address Pointer | | | | | | | | xxxx xxxx | 27 |
| 85h | TRISA | — | — | PORTA Data Direction Register | | | | | | --11 1111 | 29 |
| 86h | TRISB | PORTB Data Direction Register | | | | | | | | 1111 1111 | 31 |
| 87h | TRISC | PORTC Data Direction Register | | | | | | | | 1111 1111 | 33 |
| 88h(4) | TRISD | PORTD Data Direction Register | | | | | | | | 1111 1111 | 35 |
| 89h(4) | TRISE | IBF | OBF | IBOV | PSPMODE | — | PORTE Data Direction Bits | | | 0000 -111 | 37 |
| 8Ah(1,3) | PCLATH | — | — | — | Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter | | | | | ---0 0000 | 26 |
| 8Bh(3) | INTCON | GIE | PEIE | T0IE | INTE | RBIE | T0IF | INTF | RBIF | 0000 000x | 20 |
| 8Ch | PIE1 | PSPIE(2) | ADIE | RCIE | TXIE | SSPIE | CCP1IE | TMR2IE | TMR1IE | 0000 0000 | 21 |
| 8Dh | PIE2 | — | (5) | — | EEIE | BCLIE | — | — | CCP2IE | -r-0 0--0 | 23 |
| 8Eh | PCON | — | — | — | — | — | — | $\overline{POR}$ | BOR | ---- --qq | 25 |
| 8Fh | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 90h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 91h | SSPCON2 | GCEN | ACKSTAT | ACKDT | ACKEN | RCEN | PEN | RSEN | SEN | 0000 0000 | 68 |
| 92h | PR2 | Timer2 Period Register | | | | | | | | 1111 1111 | 55 |
| 93h | SSPADD | Synchronous Serial Port ($I^2C$ mode) Address Register | | | | | | | | 0000 0000 | 73, 74 |
| 94h | SSPSTAT | SMP | CKE | D/A | P | S | R/W | UA | BF | 0000 0000 | 66 |
| 95h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 96h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 97h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 98h | TXSTA | CSRC | TX9 | TXEN | SYNC | — | BRGH | TRMT | TX9D | 0000 -010 | 95 |
| 99h | SPBRG | Baud Rate Generator Register | | | | | | | | 0000 0000 | 97 |
| 9Ah | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 9Bh | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 9Ch | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 9Dh | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 9Eh | ADRESL | A/D Result Register Low Byte | | | | | | | | xxxx xxxx | 116 |
| 9Fh | ADCON1 | ADFM | — | — | — | PCFG3 | PCFG2 | PCFG1 | PCFG0 | 0--- 0000 | 112 |

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved. Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices; read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY (CONTINUED)**

| Address | Name | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 | Value on: POR, BOR | Details on page: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Bank 2** | | | | | | | | | | | |
| 100h(3) | INDF | Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register) | | | | | | | | 0000 0000 | 27 |
| 101h | TMR0 | Timer0 Module Register | | | | | | | | xxxx xxxx | 47 |
| 102h(3) | PCL | Program Counter's (PC) Least Significant Byte | | | | | | | | 0000 0000 | 26 |
| 103h(3) | STATUS | IRP | RP1 | RP0 | $\overline{TO}$ | $\overline{PD}$ | Z | DC | C | 0001 1xxx | 18 |
| 104h(3) | FSR | Indirect Data Memory Address Pointer | | | | | | | | xxxx xxxx | 27 |
| 105h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 106h | PORTB | PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read | | | | | | | | xxxx xxxx | 31 |
| 107h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 108h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 109h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 10Ah(1,3) | PCLATH | — | — | — | Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter | | | | | ---0 0000 | 26 |
| 10Bh(3) | INTCON | GIE | PEIE | T0IE | INTE | RBIE | T0IF | INTF | RBIF | 0000 000x | 20 |
| 10Ch | EEDATA | EEPROM Data Register Low Byte | | | | | | | | xxxx xxxx | 41 |
| 10Dh | EEADR | EEPROM Address Register Low Byte | | | | | | | | xxxx xxxx | 41 |
| 10Eh | EEDATH | — | — | EEPROM Data Register High Byte | | | | | | xxxx xxxx | 41 |
| 10Fh | EEADRH | — | — | — | EEPROM Address Register High Byte | | | | | xxxx xxxx | 41 |
| **Bank 3** | | | | | | | | | | | |
| 180h(3) | INDF | Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register) | | | | | | | | 0000 0000 | 27 |
| 181h | OPTION_REG | RBPU | INTEDG | T0CS | T0SE | PSA | PS2 | PS1 | PS0 | 1111 1111 | 19 |
| 182h(3) | PCL | Program Counter (PC) Least Significant Byte | | | | | | | | 0000 0000 | 26 |
| 183h(3) | STATUS | IRP | RP1 | RP0 | $\overline{TO}$ | $\overline{PD}$ | Z | DC | C | 0001 1xxx | 18 |
| 184h(3) | FSR | Indirect Data Memory Address Pointer | | | | | | | | xxxx xxxx | 27 |
| 185h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 186h | TRISB | PORTB Data Direction Register | | | | | | | | 1111 1111 | 31 |
| 187h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 188h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 189h | — | Unimplemented | | | | | | | | — | — |
| 18Ah(1,3) | PCLATH | — | — | — | Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter | | | | | ---0 0000 | 26 |
| 18Bh(3) | INTCON | GIE | PEIE | T0IE | INTE | RBIE | T0IF | INTF | RBIF | 0000 000x | 20 |
| 18Ch | EECON1 | EEPGD | — | — | — | WRERR | WREN | WR | RD | x--- x000 | 41, 42 |
| 18Dh | EECON2 | EEPROM Control Register2 (not a physical register) | | | | | | | | ---- ---- | 41 |
| 18Eh | — | Reserved maintain clear | | | | | | | | 0000 0000 | — |
| 18Fh | — | Reserved maintain clear | | | | | | | | 0000 0000 | — |

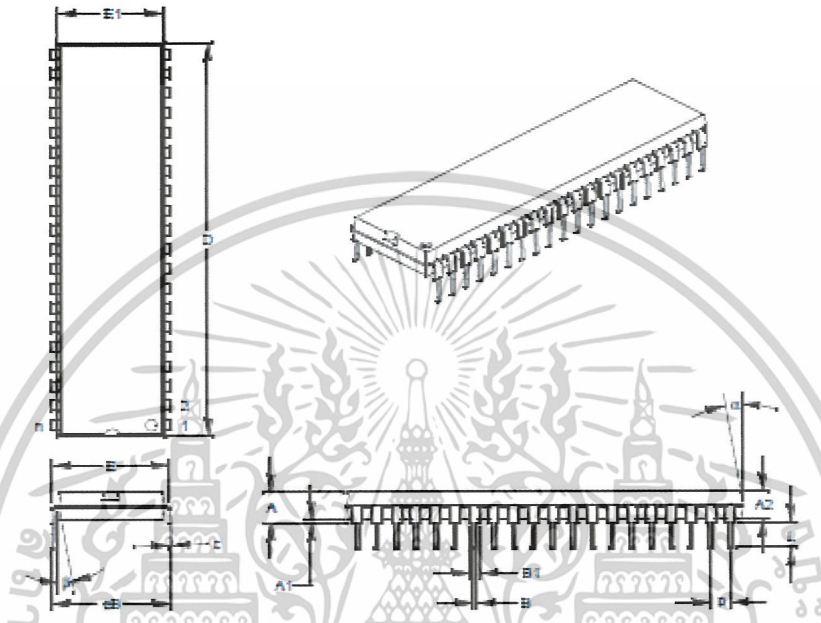
Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/875 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices; read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 40-Lead Plastic Dual In-line (P) – 600 mil (PDIP)




| Units | | INCHES* | | | MILLIMETERS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dimension Limits | | MIN | NOM | MAX | MIN | NOM | MAX |
| Number of Pins | n | | 40 | | | 40 | |
| Pitch | p | | .100 | | | 2.54 | |
| Top to Seating Plane | A | .160 | .175 | .190 | 4.06 | 4.45 | 4.83 |
| Molded Package Thickness | A2 | .140 | .150 | .160 | 3.56 | 3.81 | 4.06 |
| Base to Seating Plane | A1 | .015 | | | 0.38 | | |
| Shoulder to Shoulder Width | E | .595 | .600 | .625 | 15.11 | 15.24 | 15.88 |
| Molded Package Width | E1 | .530 | .545 | .560 | 13.46 | 13.84 | 14.22 |
| Overall Length | D | 2.045 | 2.058 | 2.065 | 51.94 | 52.26 | 52.45 |
| Tip to Seating Plane | L | .120 | .130 | .135 | 3.05 | 3.30 | 3.43 |
| Lead Thickness | c | .008 | .012 | .015 | 0.20 | 0.29 | 0.38 |
| Upper Lead Width | B1 | .030 | .050 | .070 | 0.76 | 1.27 | 1.78 |
| Lower Lead Width | B | .014 | .018 | .022 | 0.36 | 0.46 | 0.56 |
| Overall Row Spacing § | eB | .620 | .650 | .680 | 15.75 | 16.51 | 17.27 |
| Mold Draft Angle Top | α | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| Mold Draft Angle Bottom | β | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |

* Controlling Parameter
§ Significant Characteristic
Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.
JEDEC Equivalent: MO-011
Drawing No. C04-016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค-2 เอกสารคู่มือการใช้งาน DS 1820 1-Wire™ Thermometer

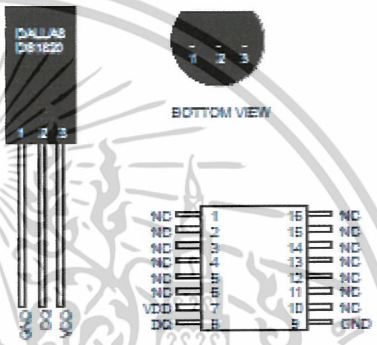
**DALLAS SEMICONDUCTOR**

# DS1820
## 1–Wire™ Digital Thermometer

### FEATURES

- Unique 1–Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from –55°C to +125°C in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is –67°F to +257°F in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9–bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User–definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

### PIN ASSIGNMENT




DS1820
PR35 PACKAGE
See Mech. Drawings Section

DS1820S
16–PIN SSOP
See Mech. Drawings Section

### PIN DESCRIPTION

| | | |
|---|---|---|
| GND | – | Ground |
| DQ | – | Data In/Out |
| $V_{DD}$ | – | Optional $V_{DD}$ |
| NC | – | No Connect |

### DESCRIPTION

The DS1820 Digital Thermometer provides 9–bit temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS1820 over a 1–Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS1820. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS1820 contains a unique silicon serial number, multiple DS1820s can exist on the same 1–Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and in process monitoring and control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DETAILED PIN DESCRIPTION**

| PIN 16–PIN SSOP | PIN PR35 | SYMBOL | DESCRIPTION |
|---|---|---|---|
| 9 | 1 | GND | **Ground.** |
| 8 | 2 | DQ | **Data Input/Output pin.** For 1–Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.) |
| 7 | 3 | $V_{DD}$ | **Optional $V_{DD}$ pin.** See "Parasite Power" section for details of connection. |

DS1820S (16–pin SSOP): All pins not specified in this table are not to be connected.

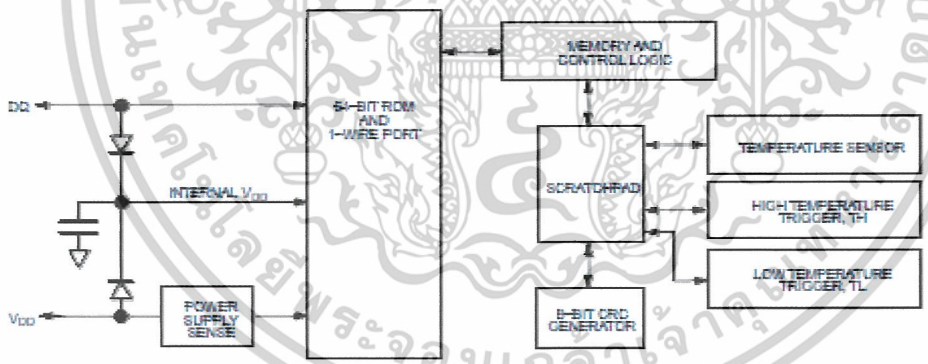
**OVERVIEW**

The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS1820. The DS1820 has three main data components: 1) 64–bit lasered ROM, 2) temperature sensor, and 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL. The device derives its power from the 1–Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1–Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS1820 may also be powered from an external 5 volts supply.

Communication to the DS1820 is via a 1–Wire port. With the 1–Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64–bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1–Wire line as well as indicate to the Bus Master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS1820 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS1820's scratchpad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of one byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS1820, these registers may be used as general purpose user memory. Writing TH and TL is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

**DS1820 BLOCK DIAGRAM** Figure 1




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PARASITE POWER

The block diagram (Figure 1) shows the parasite powered circuitry. This circuitry "steals" power whenever the I/O or $V_{DD}$ pins are high. I/O will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the section titled "1–Wire Bus System"). The advantages of parasite power are two–fold: 1) by parasiting off this pin, no local power source is needed for remote sensing of temperature, and 2) the ROM may be read in absence of normal power.

In order for the DS1820 to be able to perform accurate temperature conversions, sufficient power must be provided over the I/O line when a temperature conversion is taking place. Since the operating current of the DS1820 is up to 1 mA, the I/O line will not have sufficient drive due to the 5K pull–up resistor. This problem is particularly acute if several DS1820's are on the same I/O and attempting to convert simultaneously.

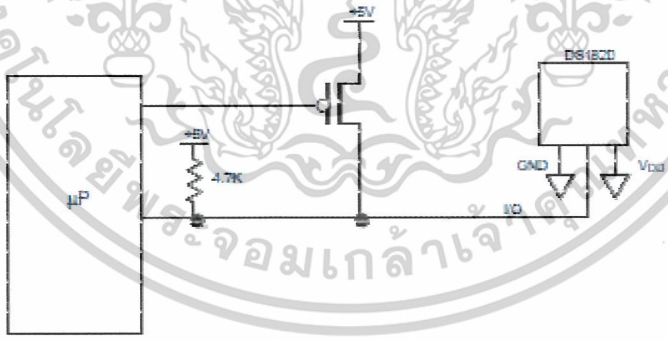
There are two ways to assure that the DS1820 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pull–up on the I/O line whenever temperature conversions or copies to the $E^2$ memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the I/O line directly to the power supply as shown in Figure 2. The I/O line must be switched over to the strong pull–up within 10 µs maximum after issuing any protocol that involves copying to the $E^2$ memory or initiates temperature conversions. When using the parasite power mode, the $V_{DD}$ pin must be tied to ground.

Another method of supplying current to the DS1820 is through the use of an external power supply tied to the $V_{DD}$ pin, as shown in Figure 3. The advantage to this is that the strong pull–up is not required on the I/O line, and the bus master need not be tied up holding that line high during temperature conversions. This allows other data traffic on the 1–Wire bus during the conversion time. In addition, any number of DS1820's may be placed on the 1–Wire bus, and if they all use external power, they may all simultaneously perform temperature conversions by issuing the Skip ROM command and then issuing the Convert T command. Note that as long as the external power supply is active, the GND pin may not be floating.

The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS1820 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that $V_{DD}$ be applied to the DS1820.

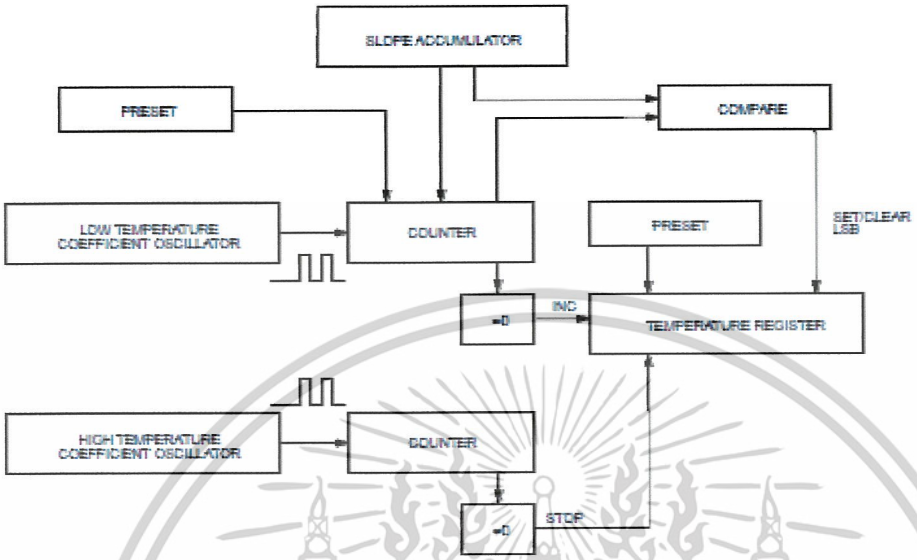
For situations where the bus master does not know whether the DS1820's on the bus are parasite powered or supplied with external $V_{DD}$, a provision is made in the DS1820 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS1820's are on the bus which require the strong pull–up by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS1820 will send back "0" on the 1–Wire bus if it is parasite powered; it will send back a "1" if it is powered from the $V_{DD}$ pin. If the master receives a "0", it knows that it must supply the strong pull–up on the I/O line during temperature conversions. See "Memory Command Functions" section for more detail on this command protocol.

**STRONG PULL–UP FOR SUPPLYING DS1820 DURING TEMPERATURE CONVERSION** Figure 2




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TEMPERATURE MEASURING CIRCUITRY** Figure 4




**TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS** Table 1

| TEMPERATURE | DIGITAL OUTPUT (Binary) | DIGITAL OUTPUT (Hex) |
|---|---|---|
| +125°C | 00000000 11111010 | 00FA |
| +25°C | 00000000 00110010 | 0032h |
| +1/2°C | 00000000 00000001 | 0001h |
| +0°C | 00000000 00000000 | 0000h |
| –1/2°C | 11111111 11111111 | FFFFh |
| –25°C | 11111111 11001110 | FFCEh |
| –55°C | 11111111 10010010 | FF92h |

**OPERATION – ALARM SIGNALING**

After the DS1820 has performed a temperature conversion, the temperature value is compared to the trigger values stored in TH and TL. Since these registers are 8–bit only, the 0.5°C bit is ignored for comparison. The most significant bit of TH or TL directly corresponds to the sign bit of the 16–bit temperature register. If the result of a temperature measurement is higher than TH or lower than TL, an alarm flag inside the device is set. This flag is updated with every temperature measurement. As long as the alarm flag is set, the DS1820 will respond to the alarm search command. This allows many DS1820s to be connected in parallel doing simultaneous temperature measurements. If somewhere the temperature exceeds the limits, the alarming device(s) can be identified and read immediately without having to read non–alarming devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้