สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ระยะไกลโดยใช้ RFID

THE DEVELOPMENT OF REMOTE MOVING OBJECT DETECTOR BY RFID

นายศราวุธ นิ่มนวล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72229
วัน,เดือน,ปี 12 มิ.ย. 2550
b 1174229
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF REMOTE MOVING OBJECT DETECTOR BY RFID

SARAWUT NIMNUAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ระยะไกลโดยใช้ RFID

THE DEVELOPMENT OF REMOTE MOVING OBJECT DETECTOR BY RFID

นักศึกษาผู้จัดทำ นายศราวุธ นิ่มนวล **รหัสนักศึกษา** 46010770

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2549

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อ.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ	

ภาควิชารับรองแล้ว

รศ. ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์

(.....)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ระยะไกลโดยใช้ RFID THE DEVELOPMENT OF REMOTE MOVING OBJECT DETECTOR BY RFID		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายศราวุธ นิ่มนวล	**รหัสนักศึกษา**	46010770
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ		
ปีการศึกษา	2549		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เสนอผลงานการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ระยะไกลต้นทุนต่ำ เพื่อนำไปใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักการของเทคโนโลยี RFID โดยองค์ประกอบของโครงงานจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ แผ่นการ์ดที่ติดประจำตัววัตถุซึ่งเป็นเสมือนบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) ที่ใช้เก็บข้อมูลเฉพาะตัวของวัตถุ และส่วนของอุปกรณ์ Interrogator ที่ใช้ในการควบคุมและตรวจจับสัญญาณรหัสประจำตัวของวัตถุ โดยโครงสร้างภายในของอุปกรณ์ประกอบไปด้วยส่วนควบคุมที่ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ในการตอบสนองคำสั่งและในส่วนของภาคส่งและภาครับคลื่นวิทยุที่ใช้ Low Power Transmitter/Receiver Module ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้ในการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอลจากส่วนควบคุมแล้วจึงส่งออกบรรยากาศในรูปของคลื่นวิทยุ รวมไปถึงการดีมอดูเลทสัญญาณที่ส่งมาให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป โดยใช้ความถี่ในการส่งและรับ (Up-Link and Down-Link Frequency) ที่ 433.92 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Development Of Remote Moving Object Detector By RFID
Authors	Mr. Sarawut Nimnuan
Thesis Advisor	Mr. Narin Tammarugwattana
Year	2006

ABSTRACT

The project presents the design of the low cost Remote Moving Object Detector for the purpose of automatic tracking with the object moving. Containing two main parts by the use of RFID technology, the project offers a card within the material as an electronic identification card (Tag) that store its information ,and the interrogator controlling and detecting the signal from the card. For the interior structure, the device contains the controlling system using microcontroller as the response, and the transmitter and receiver using Low Power Transmitter/Receiver Module which modulate digital signal from the controlling system and transmit that on-air signal in form of radio including the signal demodulation to transmit the digital signal to the microcontroller. The use of the frequency of transmitting and receiving (Up-Link and Down-Link Frequency) are about 433.92 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านดังต่อไปนี้

อาจารย์นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ ผศ. สาท คำมูล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและความคิดเห็นเกี่ยวกับการดำเนินการศึกษา รวมทั้งการให้กำลังใจในการทำงาน

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมที่กรุณาเอื้อเฟื้อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการทำงาน

ขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกคน ที่เสียสละเวลาเป็นธุระในการดำเนินการและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมถึงบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่สามารถกล่าวถึงได้ในที่นี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ลักษณะทั่วไปของระบบ RFID.....1

1.2 จุดเด่นของระบบ RFID.....1

1.3 ความแตกต่างกับ Barcode.....2

1.4 คลื่นความถี่ในการใช้งาน.....2

1.5 ความถี่สำหรับการใช้งาน RFID ตามมาตรฐาน.....4

1.6 วัตถุประสงค์และขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....4

1.7 โครงร่างปริญญานิพนธ์.....5

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน.....6

2.1 การรับ-ส่งคลื่นวิทยุ.....6

2.1.1 การมอดูเลทสัญญาณดิจิตอล (Digital Modulation).....6

2.2 การสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์.....8

2.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส.....8

2.2.2 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....9

บทที่ 3 การออกแบบอุปกรณ์.....10

3.1 องค์ประกอบของระบบและการทำงาน.....10

3.1.1 Interrogator.....10

3.1.2 RF-Module.....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.3 Tag.....10

3.2 การออกแบบอุปกรณ์.....11

3.2.1 Interrogator.....11

3.2.2 RF-Module.....14

3.2.2.1 ภาคอินเตอร์เฟส RS-232.....15

3.2.2.2 ภาครับคลื่นวิทยุ (Receiver).....16

3.2.2.3 Antenna.....17

3.2.2.4 การทำงานของโปรแกรมรับ - ส่งสัญญาณที่ RF-Module.....24

3.2.2.4.1 คำอธิบายโปรแกรมย่อยส่งข้อความ.....24

3.2.3 Tag.....26

3.2.3.1 ภาคส่งคลื่นวิทยุ (Transmitter).....26

3.2.3.2 การทำงานของโปรแกรม ส่งสัญญาณที่ Tag.....30

บทที่ 4 การประเมินผลการทำงาน.....31

4.1 การทดลองการใช้งาน.....31

4.1.1 ผลการทดลอง.....32

4.2 สรุปผลการทดลอง.....35

4.3 Technical Specification.....35

บทที่ 5 บทสรุป.....36

5.1 สรุปผลการทำงาน.....36

5.2 การประยุกต์ใช้และตัวอย่างการใช้งาน.....36

5.2.1 ระบบดาต้าคอลเลคชั่น ในกระบวนการผลิต.....37

5.2.2 ระบบดาต้าคอลเลคชั่นในกระบวนการขนส่ง.....37

5.2.3 ระบบบริหารสินค้าคงคลัง.....37

5.2.4 นำไปใช้เป็นบัตรประจำตัว.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....38

ภาคผนวก.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงความถี่ของคลื่นพาหะที่นิยมใช้งาน.....3

2.1 อัตราบอดของวงจรพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....9

3.1 แสดง Specification ของ Receiver Module.....17

3.2 แสดง Specification ของ Transmitter Module.....27

4.1 แสดงผลการทดลองการอ่านสัญญาณในระยะ 1- 12 เมตร.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 แสดงช่วงความถี่ของการใช้งาน RFID.....4

1.2 แสดงองค์ประกอบของโครงงานที่ทำการพัฒนา.....5

2.1 แสดงคลื่นที่เกิดจากการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอลทั้ง 3 ประเภท.....7

2.2 แบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 8

3.1 โครงสร้างของอุปกรณ์.....10

3.2 แสดงโครงสร้างข้อมูล 1 ไบต์.....11

3.3 แสดงการเชื่อมโยงกับ RF-Module ผ่าน RS-232 11

3.4 แสดงรายละเอียดของคอนเนคเตอร์ DB-9.....12

3.5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Hyper Terminal เมื่อเรียกใช้งานครั้งแรก 13

3.6 การกำหนดโหมดทำงานให้ Hyper Terminal.....13

3.7 การกำหนดพารามิเตอร์ในการสื่อสารให้ Hyper Terminal.....14

3.8 แสดงโครงสร้างภายในของ RF-Module.....15

3.9 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงระดับสัญญาณ.....15

3.10 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Receiver Module.....16

3.11 RF & CORDLESS PHONE ANTENNA.....17

3.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ Antenna.....18

3.13 แสดง Radiation Pattern ของ Antenna.....19

3.14 แสดง Range Testing Report 20

3.15 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหลักของ RF-Module.....21

3.16 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหลักของ RF-Module (ต่อ).....22

3.17 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมย่อยของ RF-Module.....23

3.18 แสดงวงจรของ RF-Module.....25

3.19 power supply ของ RF-Module.....25

3.20 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Transmitter Module.....26

3.21 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหลักของ Tag.....28

3.22 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมย่อยของ Tag.....29

3.23 แสดงวงจรของ Tag.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.1 แสดงแผนผังวิธีการทดสอบการทำงาน.....31

4.2 แสดงผลการอ่านสัญญาณจาก Tag.....33

4.3 แสดงการอ่านสัญญาณของ Interrogator ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณจาก Tag.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ลักษณะทั่วไปของระบบ RFID

หลักการของระบบ RFID ที่ได้นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุระยะไกลในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้หลักการกำหนดรหัสประจำตัว (ID) ให้กับวัตถุ โดยทำการติดบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) ประจำตัววัตถุ และใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์ หรือ Interrogator ทำการตรวจจับและควบคุมการบันทึกข้อมูล โดยใช้การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุดที่อยู่ในพื้นที่สำหรับการอ่านที่มีความเข้มของสัญญาณเพียงพอที่ Tag จะรับและนำไปทำงานได้ กล่าวคือ RF-Module ที่เชื่อมต่ออยู่กับ Interrogator จะต้องทำการส่งคลื่นวิทยุ เพื่อไปจุดกำเนิดให้มีพื้นที่ ในการอ่านขึ้น ดังนั้น Tag ที่ถูกออกแบบให้รับค่าความเข้มสัญญาณ ณ พื้นที่นี้ได้ จึงตอบสนอง โดยส่งสัญญาณ RF กลับมาซึ่งขึ้นอยู่กับคำสั่งจาก Interrogator ว่าต้องการให้ Tag ทำอะไร

ลักษณะโดยทั่วไปของระบบ RFID มีลักษณะสำคัญสรุปได้ดังนี้

1. ใช้บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ในการกำหนดลักษณะประจำตัวให้กับวัตถุ โดยมีรหัสเป็นตัวกำหนดลักษณะเฉพาะ
2. ใช้อุปกรณ์อ่าน/ตรวจจับรหัสประจำตัวในการติดตามวัตถุ
3. การอ่านหรือตรวจจับรหัสและการบันทึกข้อมูลใช้คลื่นวิทยุในการสื่อสารเพื่อให้สามารถอ่านและบันทึกข้อมูลได้แม้กระทั่งเคลื่อนที่
4. บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำการอ่านหรือบันทึกข้อมูลด้วยก็ได้ ซึ่งขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานว่าต้องการบันทึกข้อมูลประจำตัวที่เปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

จากหลักการที่ได้กล่าวมานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบติดตามหรือเก็บรวบรวมข้อมูลประเภทต่าง ๆ ได้มากมาย ซึ่งในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้หลักการของ RFID ที่ออกแบบอุปกรณ์ให้เป็นแบบ Active ซึ่งจะใช้แบตเตอรี่ที่ตัวบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะทำให้ตัวบัตรมีขนาดใหญ่กว่าในแบบ Passive แต่ก็สามารถตรวจจับได้ไกลกว่า

1.2 จุดเด่นของระบบ RFID

1. การอ่านข้อมูลของฉลากได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัส
2. สามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี หรือสามารถอ่านค่าได้ในขณะที่วัตถุที่กำลัง เคลื่อนที่เช่น สินค้าที่กำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต
3. ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถอ่านข้อมูลได้ถูกต้องรวดเร็ว

5. สามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ, พลาสติก, กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่น ๆ ในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้

1.3 ความแตกต่างกับ Barcode

การประยุกต์ใช้งาน RFID จะมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับบาร์โค้ด แต่สามารถรองรับความต้องการที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้ สิ่งที่ RFID ต่างจากบาร์โค้ดก็คือ การจัดเก็บข้อมูลลงบน tags, การอ่านและเขียนทับ สามารถอ่านได้โดยไม่ต้องอยู่ในตำแหน่ง face to face, สามารถอ่านได้ในระยะไกลกว่าเดิม เพราะ RFID มีความสามารถในการส่งสัญญาณวิทยุออกมายังเครื่องรับ ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีการสัมผัสโดยตรงเหมือนบาร์โค้ดหรือแถบแม่เหล็ก นั่นคือ เราสามารถรับสัญญาณจาก RFID ได้ในระยะ 1 ถึง 5 เมตร, การให้ข้อมูลสินค้าได้มากกว่า ในขณะที่บาร์โค้ดจะบอกได้เฉพาะลักษณะจำเพาะของสินค้า เช่น กำหนดน้ำอัดลมว่าคือน้ำสีดำที่บรรจุในขวด แต่ RFID จะบอกว่า ขวดนี้ผลิตเมื่อใด มาจากโรงงานไหน ใช้เวลาขนส่งมาถึงร้านนานเท่าใด และอยู่ในคลังที่เก็บสินค้านานเท่าใดก่อนวางขาย คือ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการผลิตการค้าต่างๆ ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางผู้บริโภค สามารถบอกได้ว่าสินค้าถูกเก็บที่ไหนบ้าง ขนส่งไปที่ไหนบ้างและวางอยู่บนชั้นเป็นเวลานานเท่าไร และมีจำนวนสินค้าที่ค้างอยู่บนชั้นในร้านค้าปลีกจำนวนเท่าใด กล่าวได้ว่า RFID เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยบริหารห่วงโซ่การผลิต-จำหน่าย (Supply Chain Management) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.4 คลื่นความถี่ในการใช้งาน

ในปัจจุบันได้มีการรวมกลุ่มระหว่างแต่ละประเทศ เพื่อทำการกำหนดมาตรฐานความถี่คลื่นพาหะของระบบ RFID โดยมี 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มประเทศในยุโรปและแอฟริกา (Region 1), กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (Region 2) และสุดท้ายคือกลุ่มประเทศตะวันออกไกลและออสเตรเลีย (Region 3) ซึ่งแต่ละกลุ่มประเทศจะกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ความถี่ต่างๆ ให้แก่บรรดาประเทศสมาชิก อย่างไรก็ตาม ความถี่ของคลื่นพาหะที่นิยมใช้งานในย่านความถี่ต่ำ ย่านความถี่ปานกลาง และย่านความถี่สูงก็คือ 125 kHz, 13.56 MHz และ 2.45 GHz ตามลำดับดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1.1 นอกจากนี้ โดยทั่วไปรัฐบาลของแต่ละประเทศ จะมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับระเบียบการใช้งานย่านความถี่ต่างๆ รวมถึงกำลังส่งของระบบ RFID ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

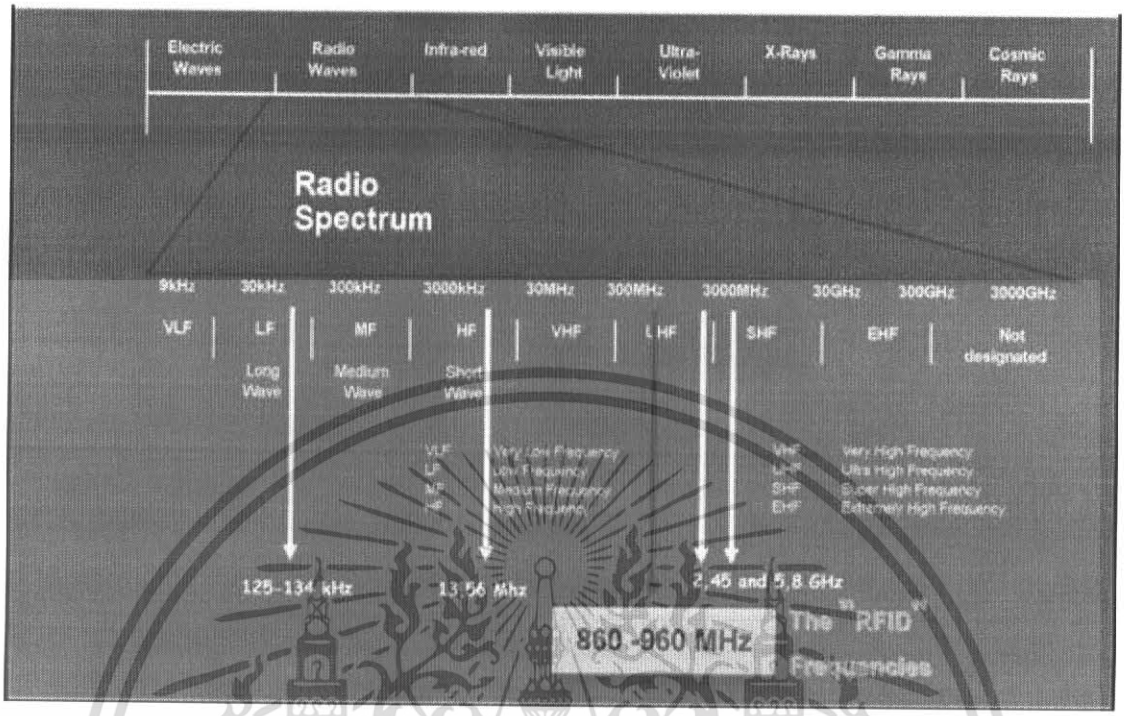
ตารางที่ 1.1 แสดงความถี่ของคลื่นพาหะที่นิยมใช้งานในย่านความถี่ต่ำ ย่านความถี่ปานกลาง และย่านความถี่สูง

ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
1. ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 125 kHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ -ต้นทุนไม่สูง -ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ -ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -ปศุสัตว์ -ระบบคงคลัง -รถยนต์
2. ย่านความถี่กลาง 10-15 MHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 13.56 MHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลปานกลาง -ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต -ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง -ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	-Access Control -สมาร์ทการ์ด
3. ย่านความถี่สูง 850-950 MHz 2.4 - 5.8 GHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 2.45 GHz	-ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (10 เมตร) -ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง -ราคาแพง	-รถไฟ -ระบบเก็บค่าผ่านทาง

ในแง่การใช้งาน 2 ย่านความถี่แรกจะเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะใกล้เช่น การตรวจสอบการผ่านเข้าออกพื้นที่ การตรวจหาและเก็บประวัติในสัตว์ ส่วนย่านความถี่ท้ายสุดจะถูกใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล เช่น ระบบเก็บค่าบริการทางด่วน เป็นต้น ในแง่ของราคาและความเร็วในการสื่อสารข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้ว RFID ซึ่งใช้คลื่นพาหะย่านความถี่สูงเป็นระบบที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดและมีราคาแพงที่สุดด้วยเช่นกัน ส่วน RFID ที่ใช้คลื่นพาหะในอีก 2 ย่านความถี่จะมีระดับราคาและความเร็วลดหลั่นกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ความถี่สำหรับการใช้งาน RFID ตามมาตรฐาน



ภาพที่ 1.1 แสดงช่วงความถี่ของการใช้งาน RFID

จากภาพจะเห็นว่าช่วงความถี่ของการใช้งาน RFID จะอยู่ที่ 860 – 960 MHz ซึ่งอยู่ในช่วง Ultra High Frequencies

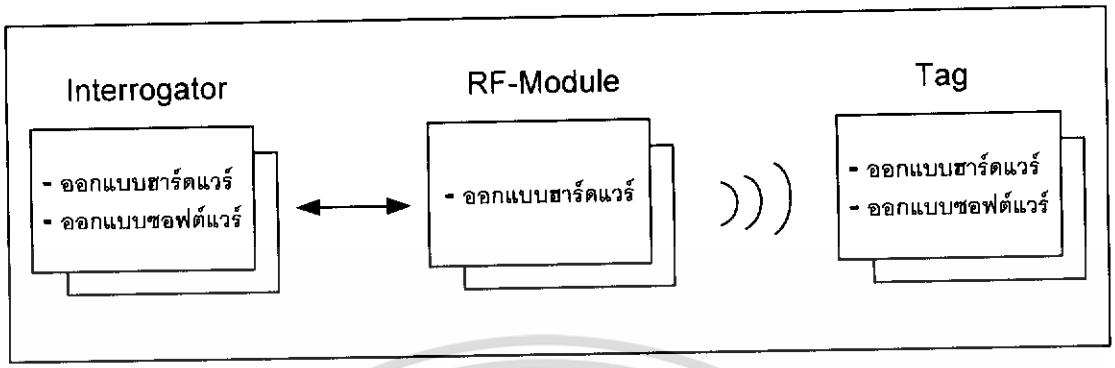
1.6 วัตถุประสงค์และขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอผลงานการออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ระยะไกลต้นทุนต่ำ เพื่อนำไปใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักการของเทคโนโลยี RFID ทั้งนี้จะนำเสนอการพัฒนาฮาร์ดแวร์โดยจะเน้นที่ราคาถูกและใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่หาได้ในประเทศ ให้ความปลอดภัยของข้อมูลและสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้เองเพื่อนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ โดยมีขอบเขตของงานวิจัยดังต่อไปนี้

- ออกแบบและพัฒนา บัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ (Tag) ที่ใช้เก็บข้อมูลประจำตัวของวัตถุ
- ออกแบบและพัฒนา RF-Module ที่มีกำลังส่งต่ำ เพื่อใช้ในการอ่านสัญญาณข้อมูลจาก Tag ที่ติดประจำตัววัตถุได้ ภายในระยะทาง 10 เมตรจากเสาอากาศ
- พัฒนาซอฟแวร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Tag เพื่อใช้สื่อสารกับ Interrogator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พัฒนาซอฟแวร์ที่ใช้ควบคุมการอ่านและบันทึกข้อมูลที่ Tag ของ Interrogator แผนผังของโครงงานทั้งหมดที่ประกอบขึ้นเป็นปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1.2 แสดงองค์ประกอบของโครงงานที่ทำการพัฒนา

1.7 โครงร่างปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยบทต่างๆที่มีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ ความเป็นมาของ RFID ลักษณะทั่วไป และจุดเด่นต่าง ๆ ของ RFID รวมถึงวัตถุประสงค์ และขอบเขตของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบอุปกรณ์

บทที่ 3 กล่าวถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ ที่ทำการพัฒนา ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์

บทที่ 4 กล่าวถึงการประเมินผลการทำงานของอุปกรณ์ที่ทำการพัฒนาขึ้น โดยนำเสนอทั้งวิธีที่ทำการทดลอง ผลการทดลอง และ สรุปผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงผลสรุปของการพัฒนาและประโยชน์ที่จะได้รับ รวมถึงการประยุกต์การใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีพื้นฐาน

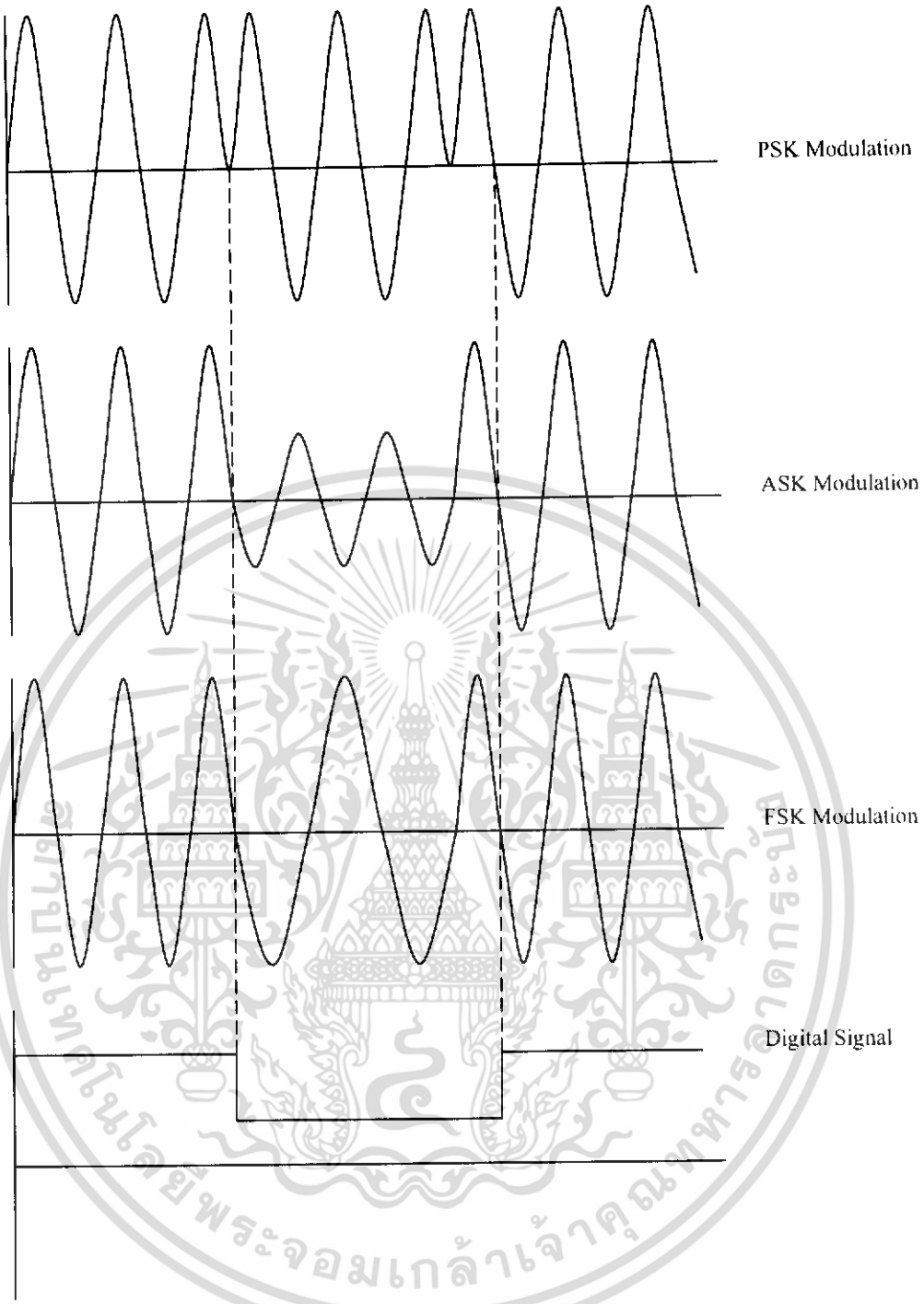
2.1 การรับ-ส่งคลื่นวิทยุ

ตามปกติในการส่งสัญญาณข้อมูลจากแหล่งกำเนิดใดๆเพื่อส่งไปถึงอุปกรณ์รับโดยทางคลื่นวิทยุนั้น ข้อมูลจากแหล่งกำเนิดมักมีคุณสมบัติเหมาะสมไม่เพียงพอในการส่ง เช่นการส่งเสียงพูดจากไมโครโฟน ไปทางอากาศนั้นเราจะพบว่าหากต้องการให้ย่านความถี่ของเสียงพูดนี้ส่งกระจายในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังเครื่องรับแล้วจำเป็นจะต้องใช้สายอากาศที่มีความยาวหลายกิโลเมตร ดังนั้นในการใช้งานจริงสัญญาณข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปฝากกับคลื่นที่มีความถี่สูงเพื่อทำตัวเป็นคลื่นพาหะ ช่วยนำสัญญาณข้อมูลนั้นไปถึงเครื่องรับ ซึ่งสายอากาศที่ช่วยกระจายและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะมีขนาดสั้นลง (เพราะความถี่ของคลื่นที่ใช้งานสูงขึ้น) วิธีการฝากสัญญาณข้อมูลเหล่านี้ก็คือการ มอดูเลชั่น (Modulation) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ AM (Amplitude Modulation) และ FM (Frequency Modulation)

2.1.1 การมอดูเลทสัญญาณดิจิตอล (Digital Modulation)

เนื่องจากในโครงงานจะต้องมีการส่งข้อมูลดิจิตอลจาก Interrogator เพื่อถามข้อมูลจาก Tag ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกล่าวถึงการมอดูเลชั่นแบบนี้ ในการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิตอลผ่านตัวกลางที่เป็น บรรยากาศนั้น เราไม่สามารถส่งข้อมูลนั้นไปโดยตรงได้ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติไม่เหมาะสมดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องฝากข้อมูลดิจิตอลนี้ไปกับคลื่นพาหะที่เหมาะสม และเนื่องจากสัญญาณดิจิตอลมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เพียง 2 สถานะ หรือ 2 ระดับเท่านั้น คือ 0 และ 1 ดังนั้นคลื่นที่ถูกมอดูเลทแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เพียง 2 สถานะเช่นเดียวกันคือ ถ้าเป็นการมอดูเลชั่นแบบ AM แล้วขนาดของแอมปลิจูดของคลื่นพาหะ ซึ่งเกิดจากการมอดูเลทกับสัญญาณดิจิตอลแล้วจะมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 2 ค่านี้ และถ้าเป็นการมอดูเลชั่นแบบ FM คลื่นพาหะที่เกิดจากการมอดูเลทนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่สูงต่ำ และในแบบ PM ก็จะมีการเปลี่ยนเฟสนั่นเอง การมอดูเลชั่นทั้ง 3 ประเภทนี้ เสมือนเป็นการใช้คีย์มาเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของคลื่นพาหะนี้ ซึ่งเรียกวิธีการมอดูเลชั่นนี้ว่า Amplitude Shift Keying (ASK), Frequency Shift Keying (FSK) และ Phase Shift Keying (PSK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงคลื่นที่เกิดจากการมอดูเลทสัญญาณดิจิตอลทั้ง 3 ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนี้เป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้วพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232

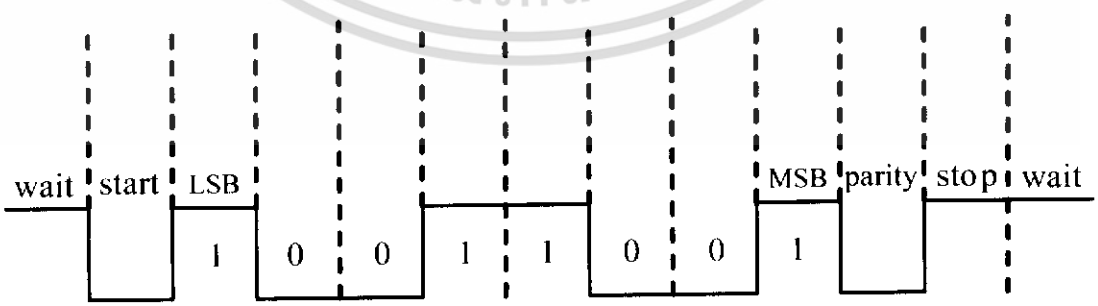
2.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรือบอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) มีขนาด 1 บิต

โดยเมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อน ซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งมีจำนวน 8 บิต จากนั้นตามด้วยบิต พาริตี้ ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้ายหรือ บิตหยุด โดยจะเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะเป็น "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



ภาพที่ 2.2 แบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

อัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่ส่งได้ต่อ 1 วินาที สมมุติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบบิตพาริตี้ ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์ จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที จะสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

ตารางที่ 2.1 อัตราบอดของวงจรพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

อัตราบอด (bps)	ความถี่สัญญาณนาฬิกา (MHz)	SMOD	ไทเมอร์ 1		
			C/T	โหมด	รีโหลด
1 MHz	12	X	X	X	X
375K	12	1	X	X	X
62.5K	12	1	0	2	FFH
19.2K	11.0592	1	0	2	FDH
9.6K	11.0592	0	0	2	FDH
4.8K	11.0592	0	0	2	FAH
2.4K	11.0592	0	0	2	F4H
1.2K	11.0592	0	0	2	E8H
137.5K	11.0592	0	0	2	1DH
110K	6	0	0	2	72H
110K	12	0	0	1	FEEBH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบอุปกรณ์

3.1 องค์ประกอบของระบบและการทำงาน

องค์ประกอบทั้งหมดของอุปกรณ์ติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่แบบอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้นในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีส่วนสำคัญดังต่อไปนี้

3.1.1 Interrogator

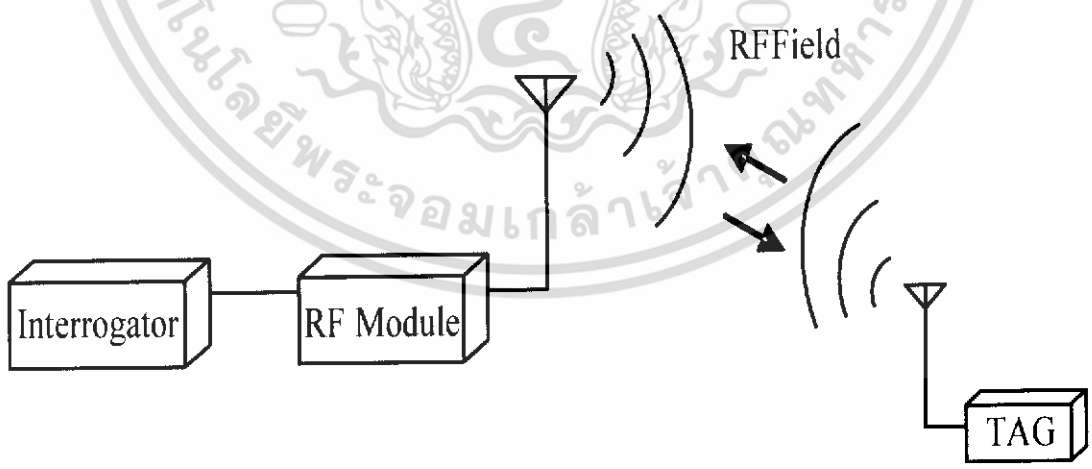
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการตรวจจับหรืออ่านรหัสสัญญาณจาก Tag ที่ส่งเข้ามาในรูปของคลื่นวิทยุผ่านทาง RF-Module ที่ทำการเชื่อมโยงถึงกันโดยใช้พอร์ตสื่อสารอนุกรม RS-232

3.1.2 RF-Module

เป็นอุปกรณ์ภาครับคลื่นวิทยุเพื่อทำการเชื่อมโยงการทำงานระหว่าง Interrogator และ Tag โดยทำการรับคลื่นวิทยุจาก Tag แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้ Interrogator

3.1.3 Tag

เป็นบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์ตรวจจับโดยใช้คลื่นวิทยุ โดยโครงสร้างของอุปกรณ์ที่กล่าวถึงแสดงดังรูป



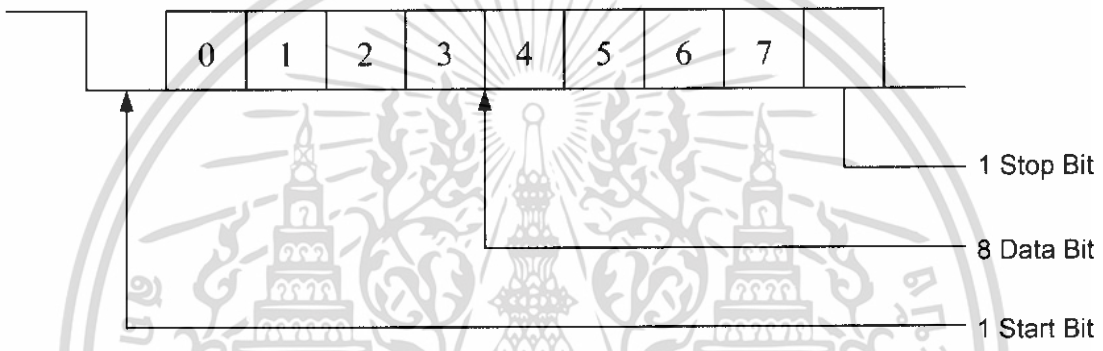
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบอุปกรณ์

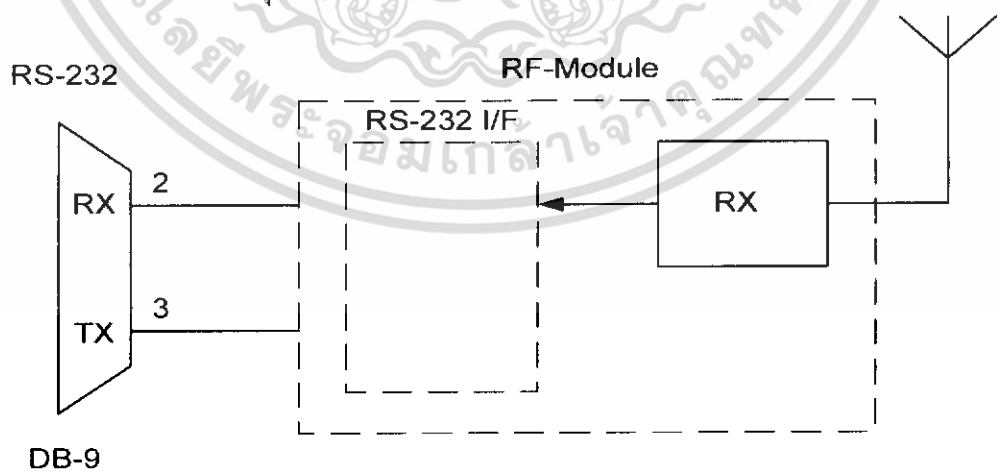
3.2.1 Interrogator

อุปกรณ์ Interrogator ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ ได้ประยุกต์นำเครื่องคอมพิวเตอร์พีซีโน๊ตบุ๊คเข้ามาใช้งาน เพื่อทำหน้าที่ในการอ่านสัญญาณจาก Tag โดยติดต่อกับ Tag ผ่านทางโปรแกรม Hyper Terminal ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ RF-Module โดยการแสดงค่านั้น จะใช้ข้อมูลรหัส ASCII มาตรฐานในการรับส่งข้อมูลทุกอย่าง ทั้งการส่งตัวเลขและตัวอักษร โดยใช้ความเร็วในการสื่อสารที่ 2,400 บิทต่อวินาที เนื่องจากการส่งด้วยความเร็วสูงกว่านี้จะทำให้ข้อมูลมีโอกาสผิดพลาดสูงขึ้น และมีโครงสร้างข้อมูลแต่ละไบต์ดังต่อไปนี้



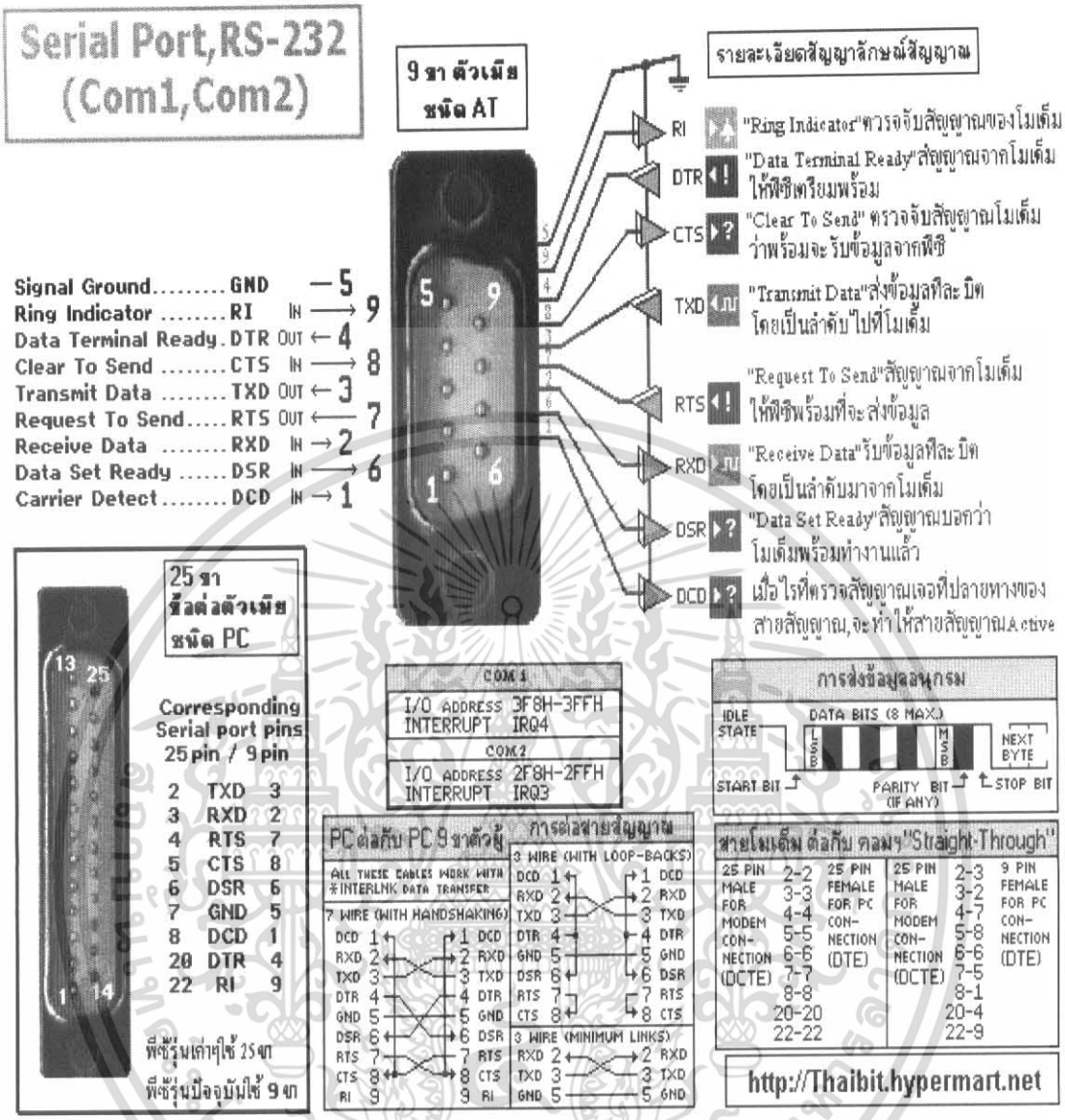
ภาพที่ 3.2 แสดงโครงสร้างข้อมูล 1 ไบต์

สำหรับโครงสร้างฮาร์ดแวร์ของ Interrogator ที่นำ PC มาใช้โดยติดต่อกับ RF-Module โดยผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมแสดงดังภาพที่ 3.3



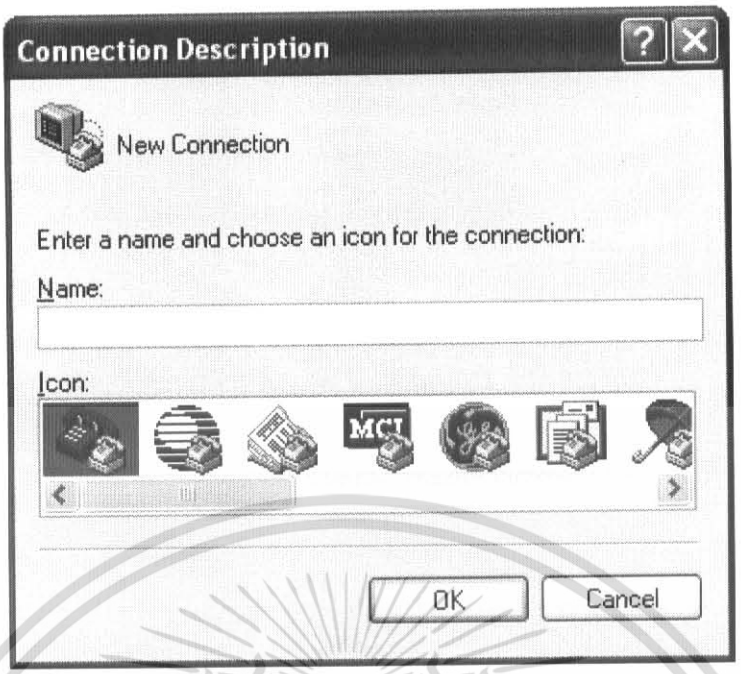
ภาพที่ 3.3 แสดงการเชื่อมโยงกับ RF-Module ผ่าน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

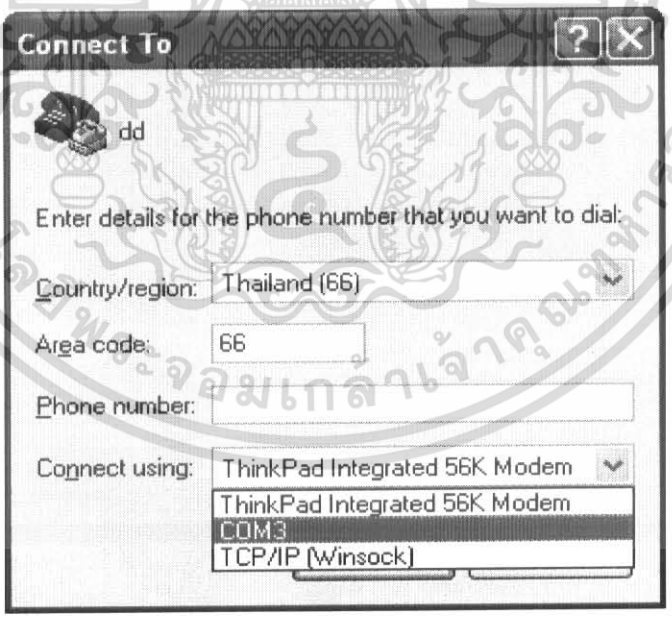


ภาพที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของคอนเนคเตอร์ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

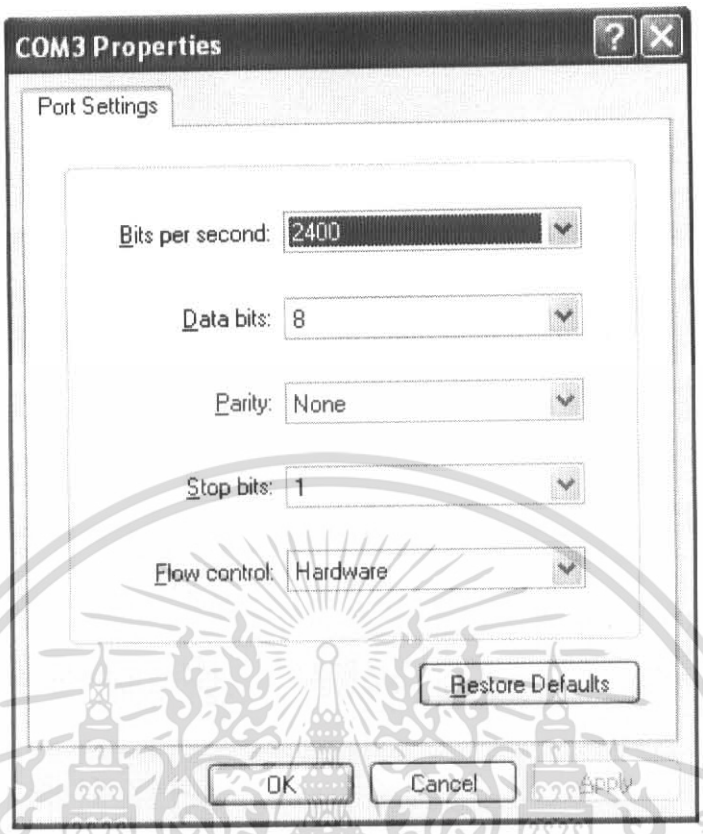


ภาพที่ 3.5 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม Hyper Terminal เมื่อเรียกใช้งานครั้งแรกโดยจะเป็นการตั้งชื่อการเชื่อมต่อ สามารถตั้งได้ตามต้องการ



ภาพที่ 3.6 การกำหนดโหมดทำงานให้ Hyper Terminal โดยในที่นี้จะเลือกไปที่ COM3 โดยแล้วแต่ว่าต่อวงจรไว้กับพอร์ตอนุกรมใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

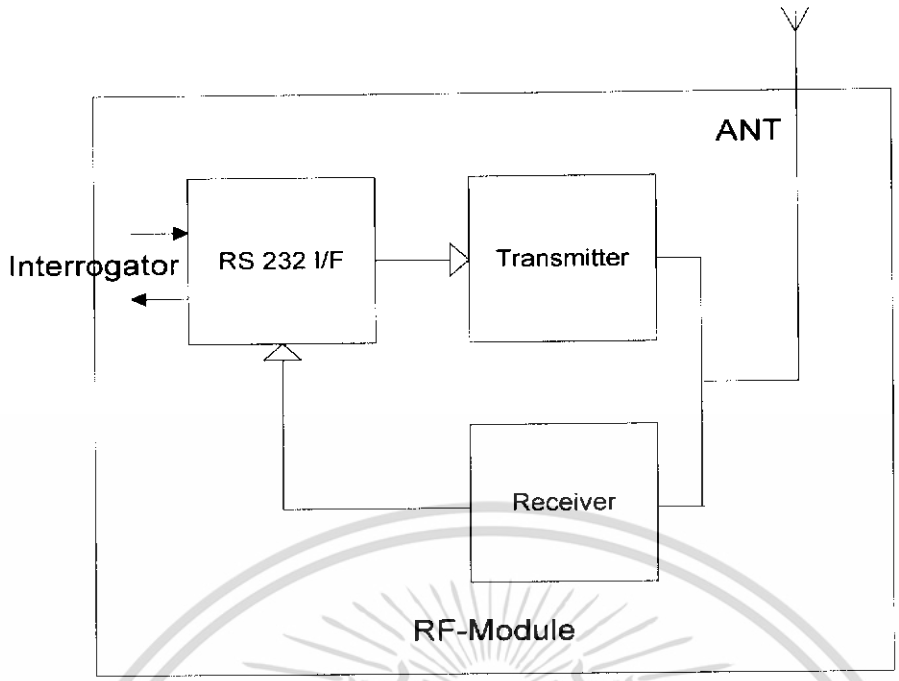


ภาพที่ 3.7 การกำหนดพารามิเตอร์ในการสื่อสารให้ Hyper Terminal ทั้งความเร็วในการสื่อสารข้อมูล, จำนวนบิตข้อมูล, บิตตรวจสอบ, Stop bits และ ประเภทของการสื่อสาร

3.2.2 RF-Module

RF-Module เป็นส่วนของวงจรที่รับสัญญาณดิจิตอลจาก Interrogator ทางพอร์ต RS-232 โดยจะทำการแปลงระดับแรงดันและกลับเฟสของสัญญาณ โดยภาคอินเตอร์เฟส RS-232 ก่อนจะส่งเข้าทำการมอดูเลท โดยวิธี Amplitude Shift Keying (ASK) ที่ภาคส่งก่อนจะทำการส่งออกบรรยากาศด้วยความถี่ 433.92 MHz นอกจากนั้นยังมีหน้าที่รับคลื่นวิทยุจาก Tag ที่ความถี่ 433.92 MHz แล้วจึงดีมอดูเลทสัญญาณที่ส่งมาจาก Tagเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้ Interrogator ต่อไป

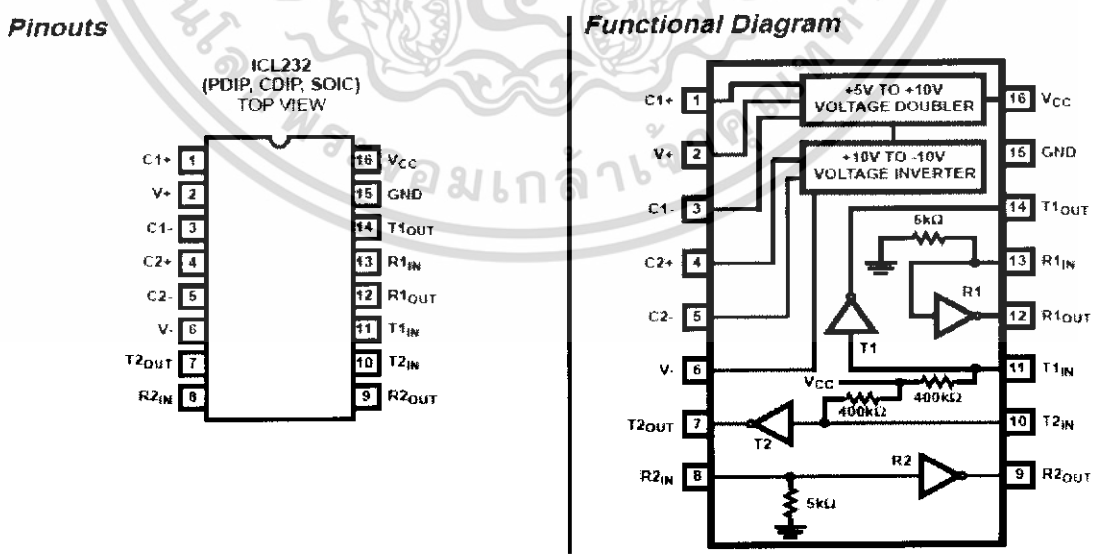
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 แสดงโครงสร้างภายในของ RF-Module

3.2.2.1 ภาคอินเตอร์เฟส RS-232

เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ ±3 ถึง ±12V ในขณะที่ระดับสัญญาณที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ภาคส่งนั้นอยู่ในระดับทีทีแอล (0-5V) ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ตได้โดยตรง จึงอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ



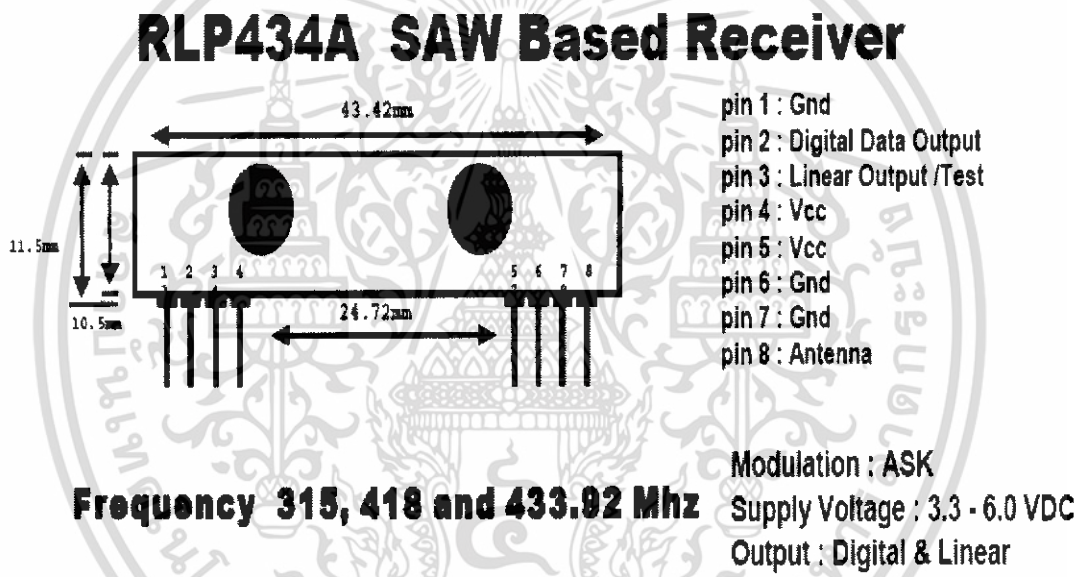
ภาพที่ 3.9 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงระดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และ ทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต โดยในรูปที่ 8 แสดงการจัดขาของไอซี ICL232 ซึ่งใช้ในการแปลงสัญญาณ RS-232

3.2.2.2 ภาครับคลื่นวิทยุ (Receiver)

ได้ใช้ RF Receiver Module RLP434 (433.92 MHz) โดยมีหน้าที่ในการรับสัญญาณคลื่นวิทยุที่ส่งมาจาก Tag แล้วทำการดีมอดูเลทกลับเพื่อให้ได้สัญญาณดิจิตอลที่สมบูรณ์ก่อนที่จะส่งให้กับภาคอินเตอร์เฟส เพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันให้เป็นระดับ RS-232 ต่อไป



ภาพที่ 3.10 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Receiver Module

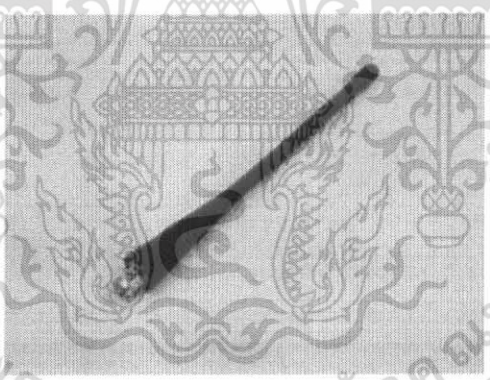
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง Specification ของ Receiver Module

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
Itot	Operating Current		-	4.5		mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Electrical Characteristics					
Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC		315, 418 and 433.92		MHz
Sensitivity	Pref		-110		dBm
Channel Width			+-500		Khz
Noise Equivalent BW			4		Khz
Receiver Turn On Time			5		ms
Operation Temperature	Top	-20	-	80	C
Baseboard Data Rate			4.8		KHz

3.2.2.3 Antenna



ภาพที่ 3.11 RF & CORDLESS PHONE ANTENNA, 50OHMS, SMA MALE

USE WITH GSA-1106-RG58U OR SMA-1023-TGG

72229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 Application
The antenna specified in this specification is applicable for the cordless phone

2 Dimensions
As per Drawing No. RA1417801B002A-373 attached.

3 Materials
As specified in drawing No. RA1417801B002A-373

4 Electrical Characteristics
i) Resonate Frequency : 434±10 MHZ
ii) Return loss : -4 dB or less
iii) Radiation Pattern : Omni Directional
iv) Polarization : Vertical
v) Standing Wave Ratio(S.W.R): 4.0 or less
vi) Insulation resistance : 500M ohm at DC 500V

5 Mechanical Characteristics
i) The strength of fixing between sleeve and stud shall withstand the following stresses

Vertical Direction : 2.0 kgs
Rotating Direction : 2.0 kgcm

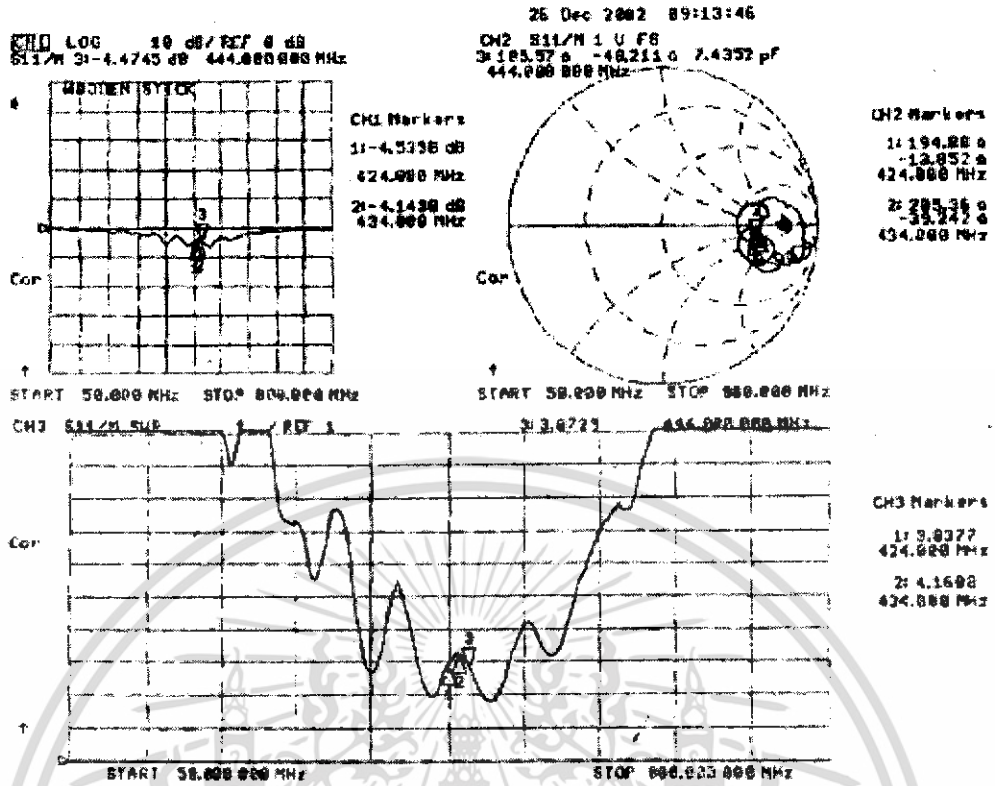
6 General Characteristics
i) Storage Temperature :-30℃ to 80℃
ii) Operating Temperature :-30℃ to 60℃
ii) Visbration Test : There shall be no defects in appearance or the mechanical and electrical functions after the antenna being tested by a regular mounting device under the following conditions:

a) Displacement :+-5℃ of the axis original position
b) Duration :1000 cycles/minutes
c) Time : 5 minutes

iv) Shock Resistance : Satisfy the electrical and mechanical characteristics after drop down with 100g upon rubber

ภาพที่ 3.12 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ Antenna

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.13 แสดง Radiation Pattern ของ Antenna

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RANGE TESTING REPORT
by John Piskulic 6/25/00

PURPOSE:
To evaluate both range capability and noise immunity for several TX/RX pairs.

PROCEDURE:
All transmitters were powered from 12VDC and all receivers were powered from 5VDC. Three testing locations were chosen: field (open field with no structures with a 300' radius), shop1 (a commercial wood shop that had metal stud walls, tools, warehouse shelves), shop2 (home wood shop). Tests performed in shop2 were done with a minimum of 3 tools running to test for possible interference of AC motor generated RF noise. Range measurements are distances at which reception was on the border of being intermittent. Intermittent ranges could extend the apparent distance, however this was not considered for these tests. Shop 1 was limited to a maximum testable distance of 130'. If this distance was reached and reception was still good the word "MAX" appears in the table. Shop 2 had a maximum testable distance of 60'.

Transmitter	Description	Antenna
TX1	LC based	loop
TX2	TLP-315	8.9" whip
TX3	TLP-315	4" PC trace

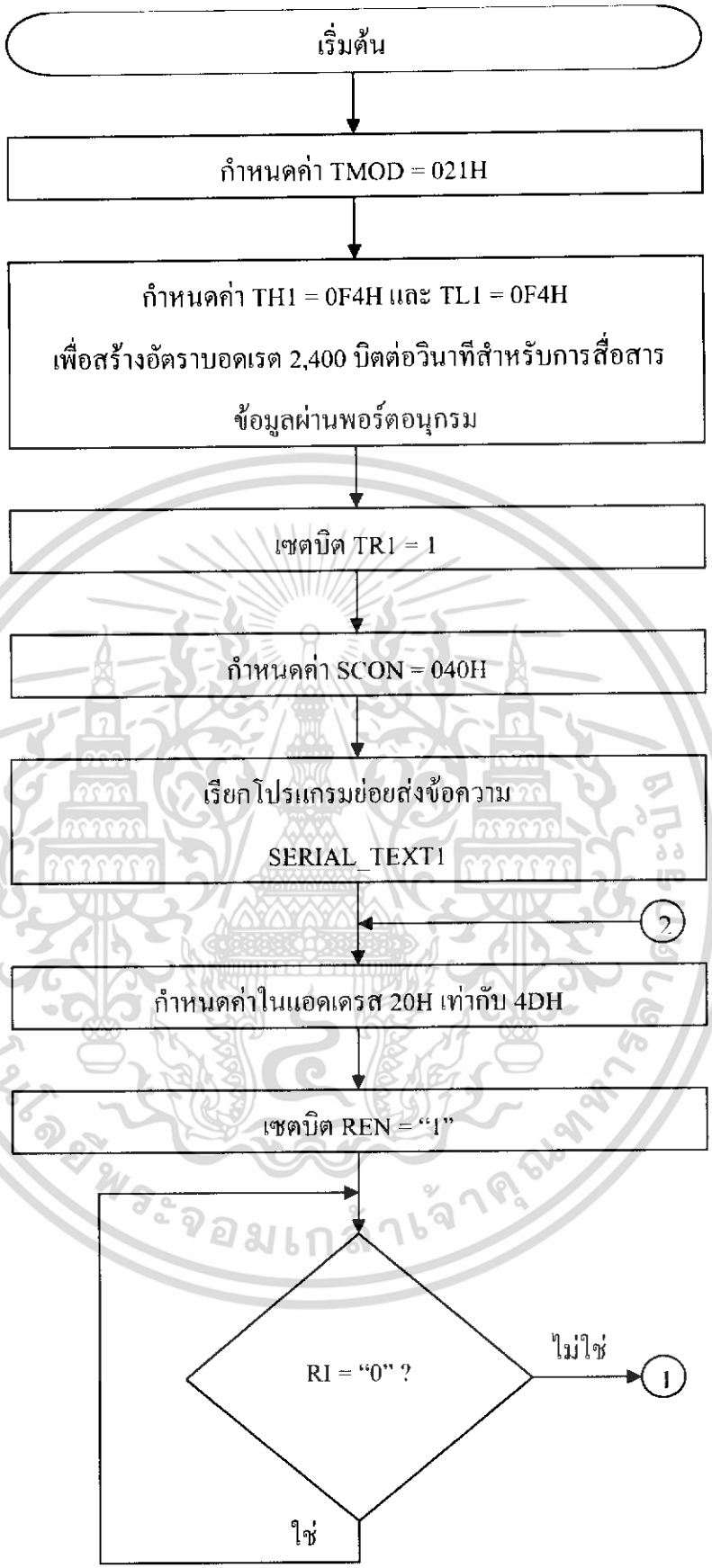
Receiver	Description	Antenna
RX1	Micrel MICRF001 eval brd	8.9" whip
RX2	RLP-315	8.9" whip
RX3	RLP-315	11" PC trace

TRANSMITTER	RECEIVER	FIELD	SHOP1	SHOP2
TX1	RX1	144	125	max
TX2	"	330	max	max
TX3	"	138	130	max
TX1	RX2	405	max	max
TX2	"	500	max	max
TX2 w/ 5.6" whip	"	415	-	-
TX2 w/ 5" whip	"	405	-	-
TX2 w/ 3" whip	"	355	-	-
TX2 no whip	"	185	-	-
TX2 no whip	RX2 w/ 5.6" whip	159	-	-
TX3	RX2	350	max	max
TX1	RX3	320	max	max
TX2	RX3	340	max	max
TX3	RX3	300	max	max

CONCLUSION:
Product range goal is 100' indoors. All combinations passed this criteria. The Micrel MICRF001 required tuning in order to achieve best range for that receiver. The TLP and RLP modules did not seem to benefit from any tuning, but simply performed better with longer antennas.

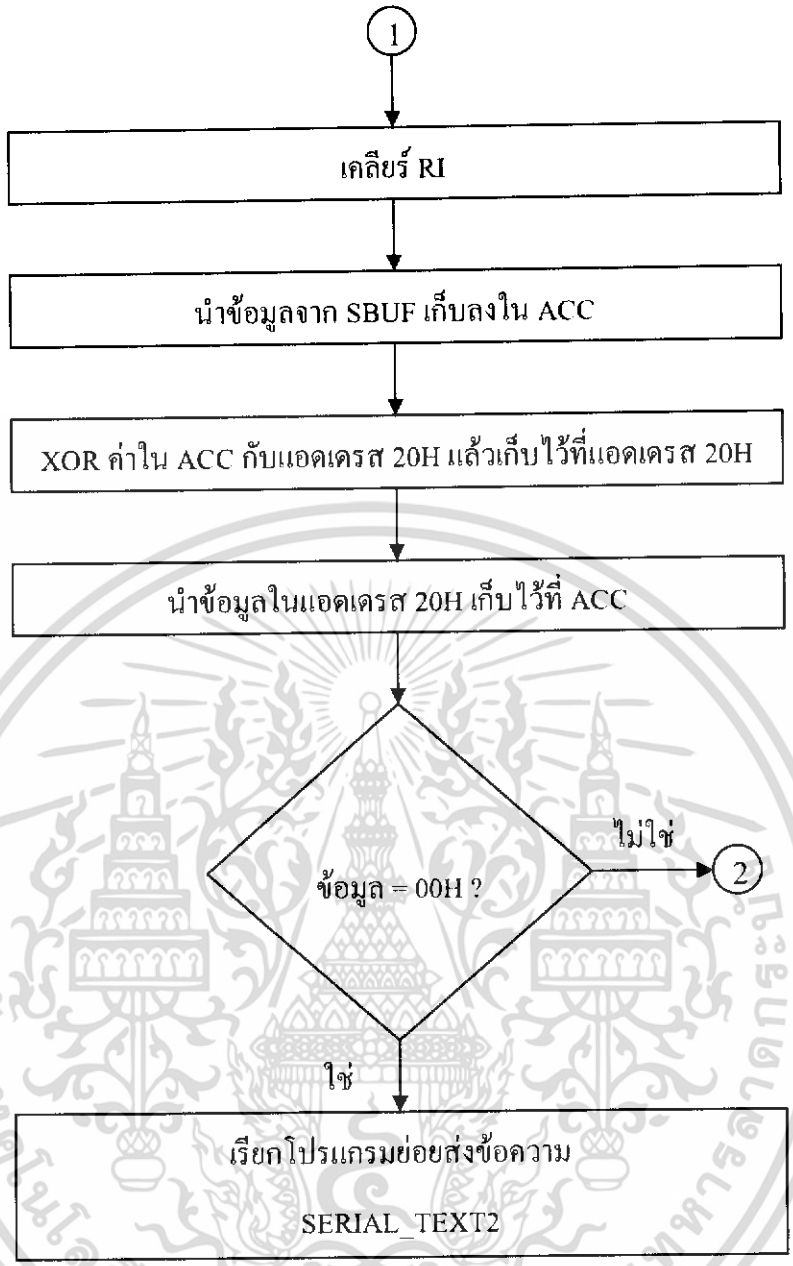
ภาพที่ 3.14 แสดง Range Testing Report

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



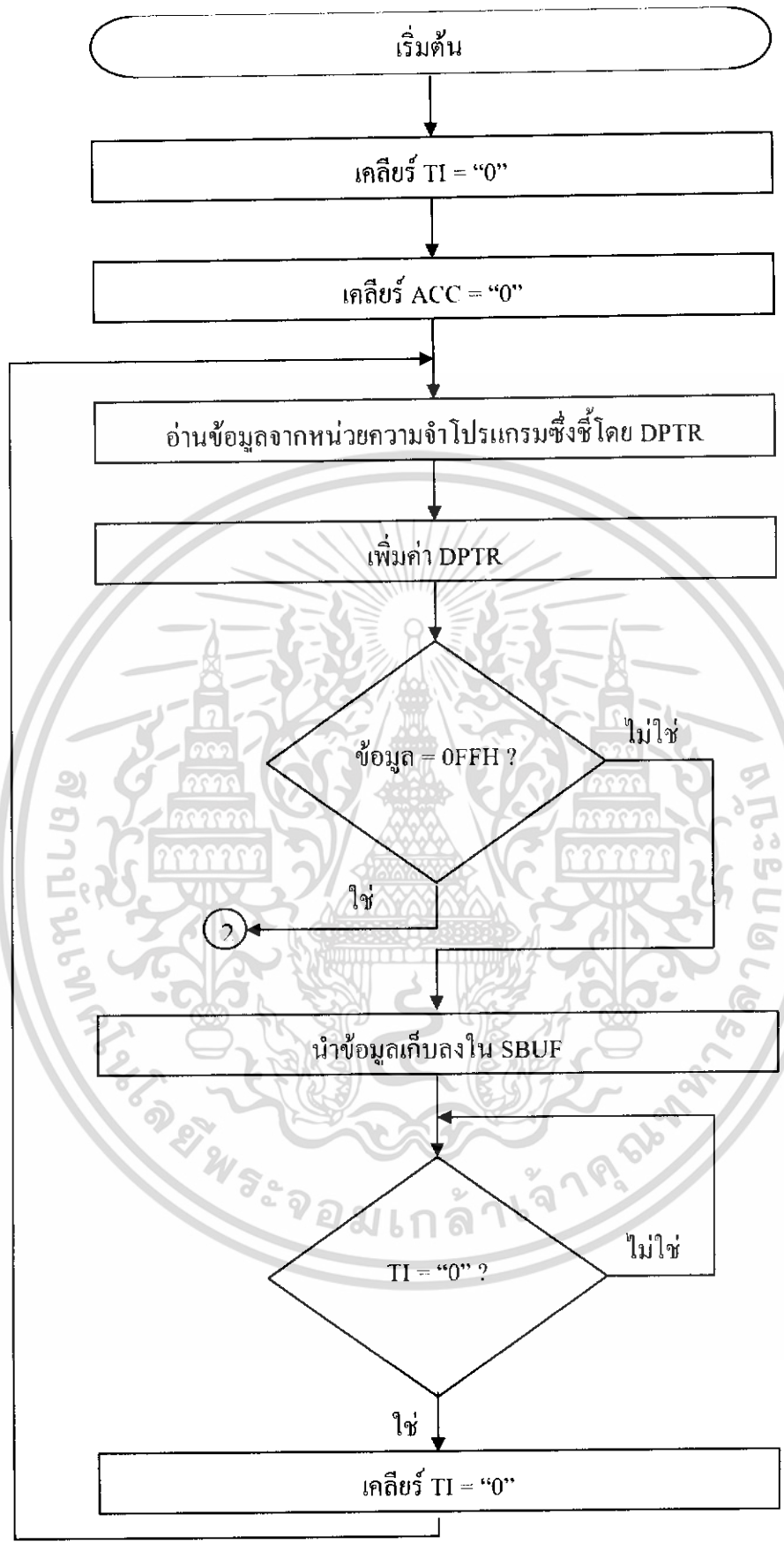
ภาพที่ 3.15 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหลักของ RF-Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหลักของ RF-Module (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.17 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมย่อยของ RF-Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 การทำงานของโปรแกรมรับ - ส่งสัญญาณที่ RF-Module

การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดอัตราบอดที่ 2400 บิตต่อวินาที โดยทำการตั้งค่าไทเมอร์ 1 โหมด 2 ด้วยค่าที่ได้จากการคำนวณ

$$\text{อัตราบอด} = \frac{2^{SMOD}}{32} \times \left[\frac{f_{osc}}{12(256 - TH1)}\right]$$

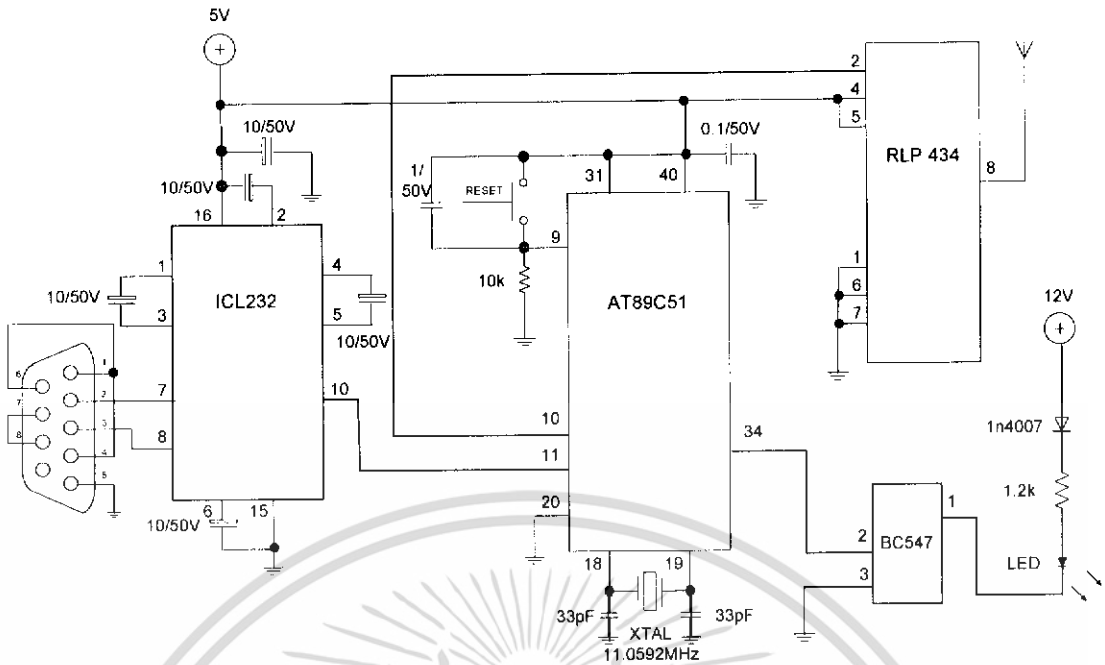
f_{osc} คือค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้คือ 11.0592 MHz จะได้ค่า TH1 และ TL1 = 0F4H

จากนั้นเรียกโปรแกรมย่อยในการส่งข้อความเริ่มต้นไปยังเทอร์มินอลของ PC แล้วทำการกำหนดค่าในแอดเดรส 20H เท่ากับ 4DH เพื่อรอเช็คข้อมูลที่รับมากจาก Tag โดยจะ XOR เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จากนั้นจะเป็นส่วนของการรอรับข้อมูล และจะเห็นว่าจะมีการรอรับข้อมูลโดยการตรวจสอบบิต RI ว่ามีการรับข้อมูลเข้ามาหรือยัง เมื่อตรวจสอบบิต RI ว่ามีข้อมูลเข้ามาอย่างสมบูรณ์แล้ว จึงทำการ XOR ข้อมูลระหว่าง ข้อมูลใน ACC กับแอดเดรส 20H ว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้ายังไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ก็จะทำการรอรับข้อมูลใหม่ และเมื่อข้อมูลที่ส่งมาถูกต้องสมบูรณ์แล้ว จึงทำการบันทึกรายละเอียดของข้อมูลและทำการส่งต่อไปยังเทอร์มินอลของ PC เพื่อแสดงผลต่อไป

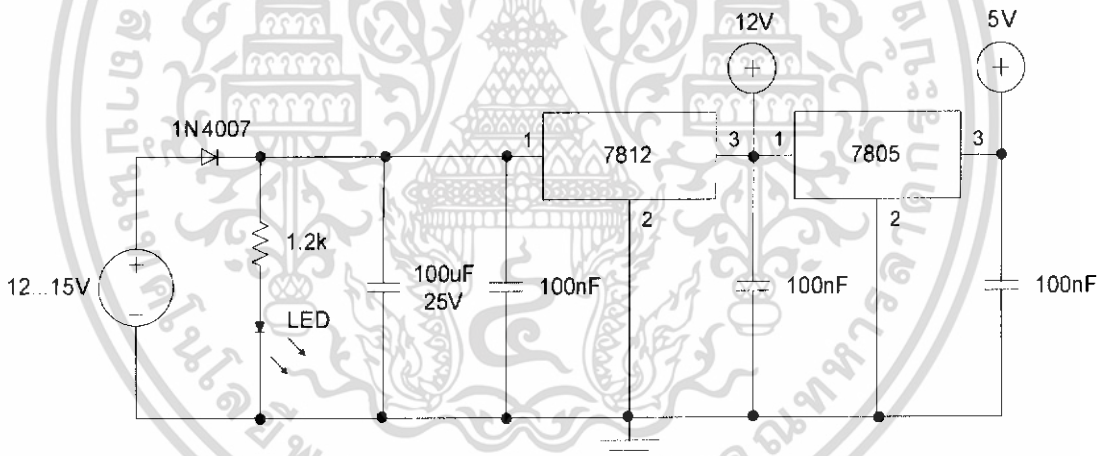
3.2.2.4.1 คำอธิบายโปรแกรมย่อยส่งข้อความ

เมื่อต้องการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำโปรแกรม จะต้องตั้งค่า offset ของข้อความที่จะส่งโดยกำหนดค่าในรีจีสเตอร์ DPTR และเรียกโปรแกรมย่อยในการส่งข้อมูล ในโปรแกรมย่อยจะมีการส่งข้อมูลไปยัง SBUF ทีละ 1 ไบต์ โดยทุกครั้งที่ทำการส่งจะทำการตรวจสอบบิต TI ว่าถูกเซตแล้วหรือยัง ถ้ายังแสดงว่าข้อมูลนั้นยังถูกส่งไม่สมบูรณ์ และเมื่อสมบูรณ์บิต TI จะถูกเซตโดยอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรมจะทำการเคลียร์บิต TI แล้ววนส่งข้อมูลตัวต่อไป จนกระทั่งข้อมูลที่อ่านได้เป็น OFFH ซึ่งเป็นตัวระบุจัดสิ้นสุดของข้อความนั้น ๆ ก็จะกลับสู่โปรแกรมหลักต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.18 แสดงวงจรของ RF-Module



ภาพที่ 3.19 power supply ของ RF-Module

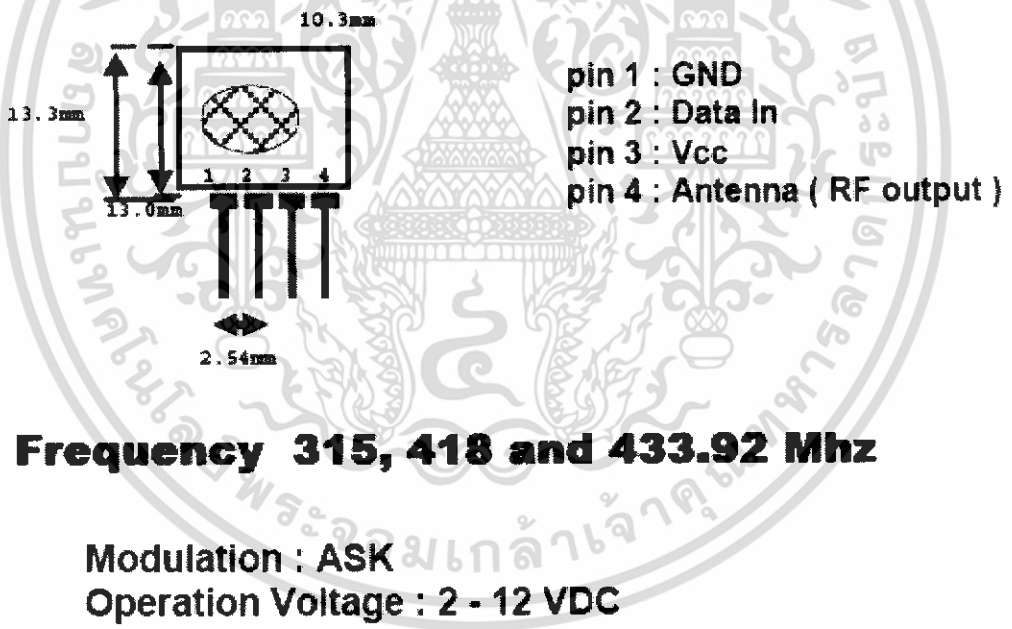
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 Tag

สำหรับ Tag ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัตรประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์นั้น ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ วงจรส่วนควบคุมและวงจรภาคส่งความถี่วิทยุ ซึ่งในส่วนของภาคส่งนั้นใช้ Low Power Transmitter Module เช่นเดียวกับที่ RF-Module เพื่อทำการมอดูเลทสัญญาณจากภาคควบคุมส่งต่อให้ RF-Module โดยในส่วนของภาคควบคุมนั้นได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051 โดยมีหน้าที่ตอบสนองคำสั่งจาก Interrogator และเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลประจำตัวของ Tag นั่นเอง

3.2.3.1 ภาคส่งคลื่นวิทยุ (Transmitter)

ในการออกแบบให้สัญญาณดิจิตอลจาก Interrogator ที่ส่งผ่าน RS-232 เพื่อทำการส่ง Read Command นั้น ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบต์ ร่วมกับ RF Transmitter Module TLP434A (433.92 MHz) โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 คือขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนี้เป็นแบบอะซิงโครนัส



ภาพที่ 3.20 แสดงรายละเอียดโครงสร้างของ Transmitter Module

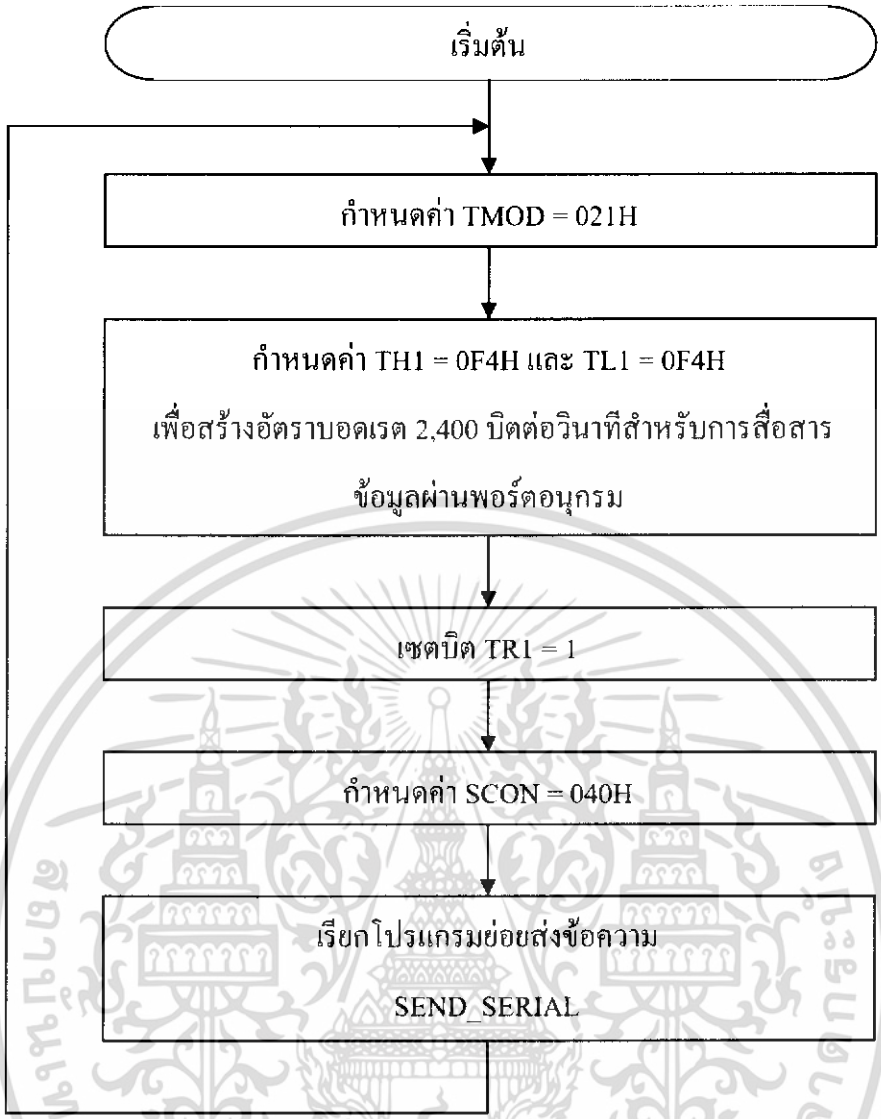
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดง Specification ของ Transmitter Module

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

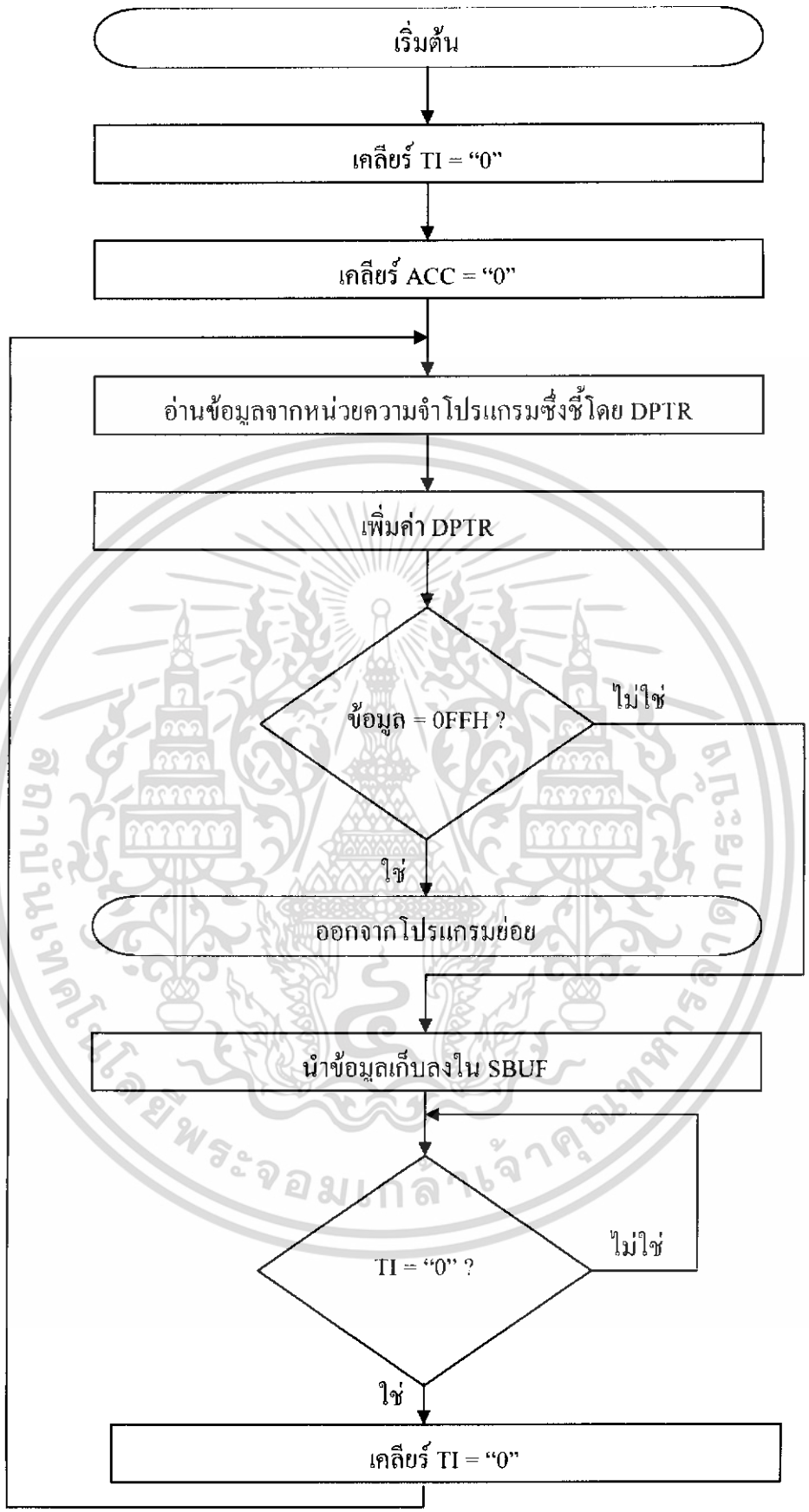
Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.21 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมหลักของ Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

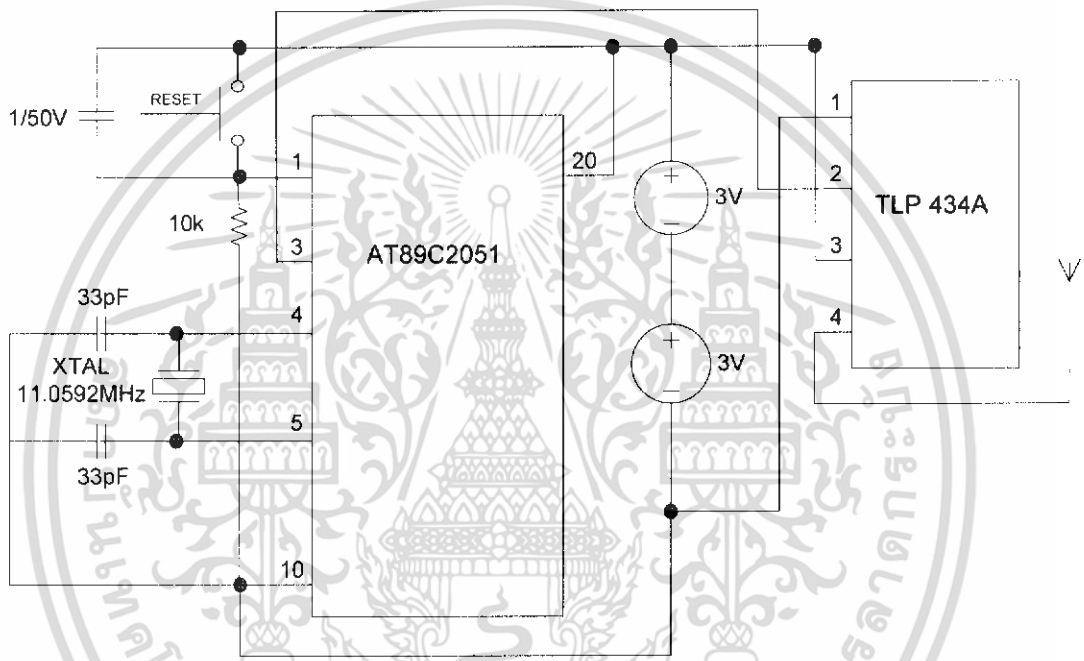


ภาพที่ 3.22 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมย่อยของ Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 การทำงานของโปรแกรม ส่งสัญญาณที่ Tag

การทำงานของโปรแกรมจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดอัตราบอดที่ 2400 บิตต่อวินาที โดยทำการตั้งค่าไทเมอร์ 1 โหมด 2 ด้วยค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยในที่นี้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ 11.0592 MHz จึงได้ค่า TH1 และ TL1 = 0F4H เพื่อจะให้มีความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับภาครับของ RF-Module โดยโปรแกรมในส่วนของการส่งข้อความนั้นจะเหมือนกับโปรแกรมของ RF-Module โดยข้อมูลที่จะส่งก็คือรหัสประจำตัวของบัตรนั้นๆ ที่ทำการบันทึกไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์นั่นเอง



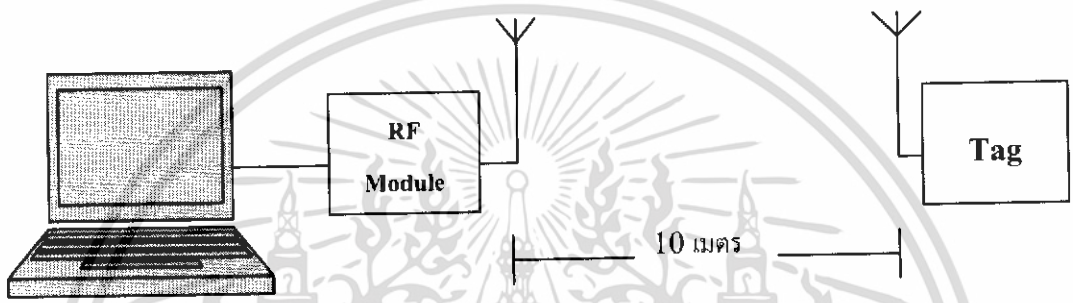
ภาพที่ 3.23 แสดงวงจรของ Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การประเมินผลการทำงาน

4.1 การทดลองการใช้งาน

จากอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้รับการออกแบบไว้ ได้ทำการทดสอบการทำงาน โดยมีแผนผังการทำงานของอุปกรณ์ ดังภาพที่



ภาพที่ 4.1 แสดงแผนผังวิธีการทดสอบการทำงาน

การทดลองได้ทำการติดตั้งสายอากาศ ดังแสดงในภาพ แล้วทำการทดสอบตามกระบวนการต่อไปนี้

1. ทำการติดตั้ง Interrogator, RF-Module และสายอากาศ ในจุดที่ต้องการอ่านข้อมูล
2. ทดสอบความถูกต้องของข้อมูลที่อ่านได้ โดยเริ่มเคลื่อนที่ Tag ออกห่างจากระยะของ RF-Module ครั้งละ 1 เมตร
3. แสดงผลข้อมูลที่อ่านได้จาก Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

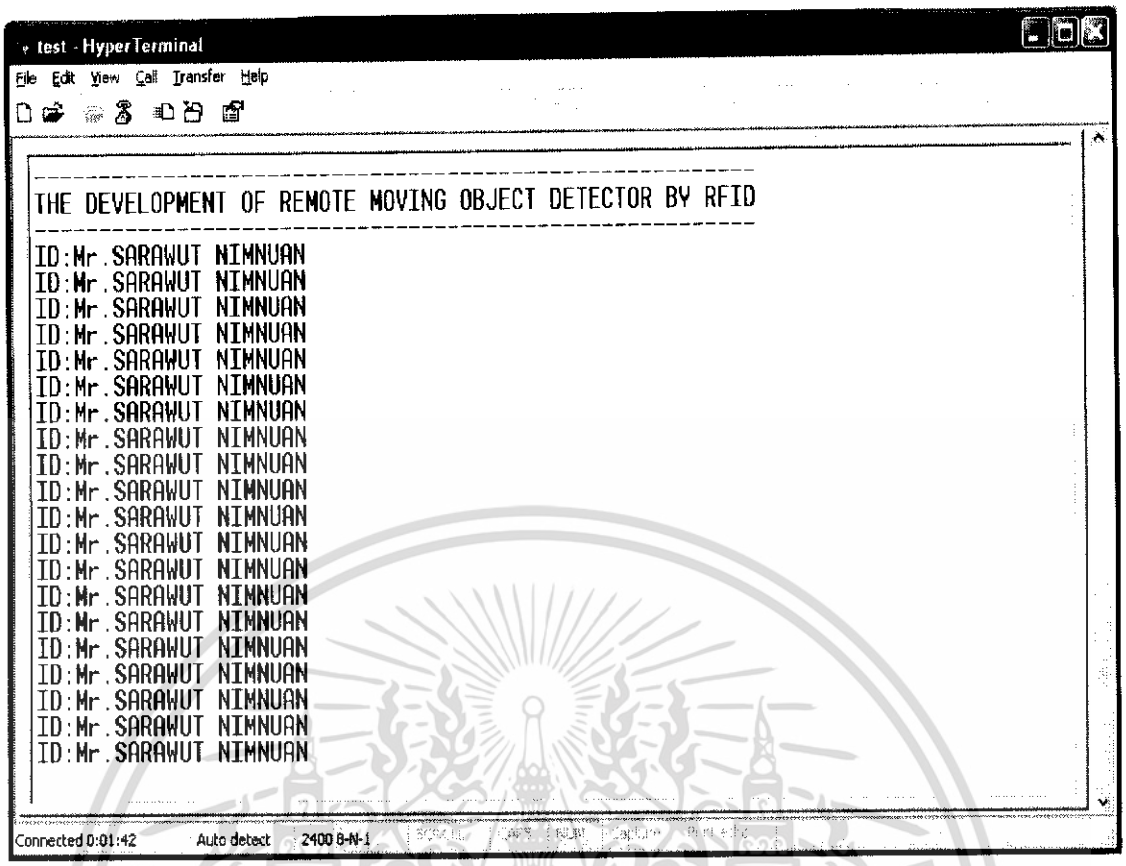
4.1.1 ผลการทดลอง

จากกระบวนการข้างต้น สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการอ่านสัญญาณในระยะ 1 – 12 เมตร

ระยะห่าง ANT-Tag (m)	จำนวนครั้งที่อ่านถูกต้อง	%
1	10	100 %
2	10	100 %
3	10	100 %
4	10	100 %
5	10	100 %
6	10	100 %
7	10	100 %
8	10	100 %
9	10	100 %
10	10	100 %
11	0	0 %
12	0	0 %

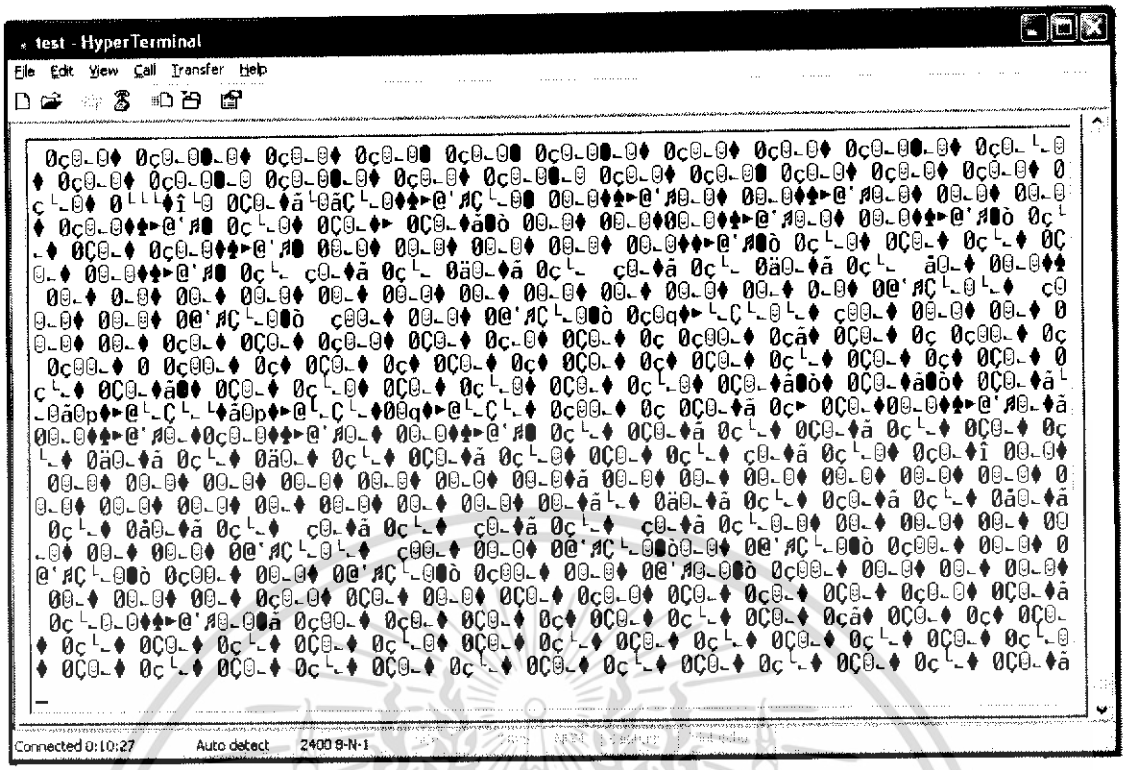
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงผลการอ่านสัญญาณจาก Tag

จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงการแสดงผลการอ่านสัญญาณจาก Tag ในระยะทางภายใน 10 เมตร โดยที่ข้อมูล (ID) ที่บันทึกอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ใน Tag นั้น สามารถจุข้อมูลได้ถึง 2KB ตามความจุของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการทดลองนี้จะเป็นการเขียนโปรแกรมให้ตัว Tag ส่งสัญญาณอยู่ตลอดเวลา เพื่อตรวจสอบระยะของการตรวจจับสัญญาณของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แสดงการอ่านสัญญาณของ Interrogator ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณจาก Tag

จากภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงการแสดงผลการอ่านสัญญาณของ Interrogator ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณจาก Tag โดยเขียนโปรแกรมให้ตัวโมดูลภาครับที่ RF-Module รอรับสัญญาณอยู่ตลอดเวลาแล้วทำการนำข้อมูลที่รับได้นั้นแสดงผลทาง PC โดยที่ข้อมูลที่เข้ามานั้น เป็นข้อมูลที่ไม่ได้ส่งมาจาก Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์สามารถตรวจจับสัญญาณได้ถูกต้องเมื่อ Tag เข้ามาอยู่ในระยะรัศมีรอบAntenna เป็นระยะทาง 10 เมตร ทั้งนี้รวมถึงในบริเวณทั้งในอาคารที่มีสิ่งกำบังและในที่โล่งนอกอาคาร

2. เมื่อเคลื่อนตัว Tag ออกจากแนวการเคลื่อนที่จากเสาอากาศเป็นระยะทางตั้งแต่ 10 เมตรเป็นต้นไป จะไม่สามารถตรวจจับสัณญาณได้ ในขณะที่ตัว Tag ใช้แบตเตอรี่ขนาด 5V ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า ที่Module ภาคส่งของตัว Tag (TLP434A) เมื่อใช้แบตเตอรี่ขนาด 5V จะสามารถส่งสัณญาณได้ในระยะทาง 10 เมตร

3. ในกรณีที่ต้องการใช้ Tag เป็นบัตรประจำตัวแบบพกพานั้น จำเป็นที่จะต้องใช้แบตเตอรี่จึงจะสามารถทำให้ Tag ส่งสัญญาณได้ จึงทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ไกลเพียง 10 เมตรเท่านั้น โดยที่ถ้าเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับภาคส่งเป็น 12 V ก็จะทำให้สามารถส่งสัญญาณได้ไกลขึ้น โดยปัญหานี้ก็จะหมดไปในกรณีที่นำ Tag ไปติดที่รถยนต์ ที่มีแบตเตอรี่อยู่แล้ว

4. ถ้าเพิ่มความเร็วในการสื่อสารให้เป็น 4,800 บิท/วินาที ขึ้นไปจะทำให้การสื่อสารข้อมูลเกิดการผิดพลาดสูงขึ้น เนื่องจากโมดูลภาคส่งและรับจะใช้ความเร็วในการสื่อสารมาตรฐานอยู่ที่ 4,800 บิทต่อวินาที โดยเหตุที่เลือกใช้ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่ 2,400 บิทต่อวินาทีนี้ เป็นเพราะการส่งสัญญาณของโมดูลมีความถูกต้องสูง

4.3 Technical Specification

จากอุปกรณ์ที่ทำการออกแบบและผลการทดสอบการทำงาน สามารถสรุปรายละเอียดทางเทคนิค (Technical Specification) ได้ดังต่อไปนี้

1. ระยะทำงานตามแนวการเคลื่อนที่	10 เมตร
2. ความเร็วในการสื่อสารข้อมูล	2,400 บิท/วินาที
3. ความจุในการเก็บข้อมูล	2 KB
4. RF-Module	
- กำลังส่งสูงสุด (Maximum Transmitting Power)	16 dBm
- ความถี่ที่ใช้ในการรับ	433.92 MHz
- วิธีการมอดูเลชั่น	ASK
5. Tag	
- กำลังส่งสูงสุด (Maximum Transmitting Power)	14 dBm
- ความถี่ที่ใช้ในการส่ง	433.92 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทำงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำเทคโนโลยี RFID มาใช้ โดยมีจุดเด่นและข้อดีของตัวอุปกรณ์เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เมื่อเทียบกับอุปกรณ์อื่นๆที่เป็น RFID เหมือนกัน อุปกรณ์นี้มีราคาถูก ทั้ง RF-Module และ Tag โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Tag มีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นตัวแปรในการตัดสินใจใช้งานของผู้ใช้ โดย Tag ที่พัฒนาขึ้นนี้มีราคาต่ำกว่า 150 บาท

2. ระบบ RFID ที่มีอยู่ในท้องตลาดไม่สามารถปรับแต่งให้นำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ย่อมต้องการโครงสร้างการเก็บข้อมูลภายใน Tag และโปรโตคอลที่แตกต่างกันด้วย อุปกรณ์นี้สามารถปรับแต่งเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาที่เป็นมาตรฐานและเปิดเผยทั่วไป

3. Tag ที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้มีความปลอดภัยสูง ป้องกันการลอกเลียนรหัสของผู้ใช้ ซึ่งเป็นรหัสสำคัญได้ เนื่องจากข้อมูลถูกเก็บในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ไม่สามารถอ่านได้

อย่างไรก็ตามเนื่องจากเวลาในการศึกษามีจำกัดทำให้ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรและซอฟต์แวร์ได้มากนัก

5.2 การประยุกต์ใช้และตัวอย่างการใช้งาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการกำหนดลักษณะประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์ และการทำงานที่ใช้คลื่นวิทยุในการควบคุม ทำให้นำอุปกรณ์ไปใช้ในการติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลแบบอัตโนมัติได้มากมาย ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาที่อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วไม่สามารถตอบสนองได้ ดังต่อไปนี้

1. การทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและปริมาณ Transaction เป็นจำนวนมากต่อวันและต้องการการประมวลที่ทำได้รวดเร็วและผิดพลาดต่ำ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลในสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถปฏิบัติการด้วยคนได้

3. การเก็บรวบรวมและติดตามวัตถุที่ต้องการในการเปลี่ยนแปลงสถานะของข้อมูล

ระบบ RFID ลักษณะเดียวกับที่ทำการพัฒนาขึ้นนี้กำลังถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ANSI (American National Standard Institute) โดยกำหนดไว้ใน X3.T6 (Non-Contact Information System Interface : NCISI) เพื่อการประยุกต์ไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ระบบดาต้าคอลเลคชั่น (Data Collection) ในกระบวนการผลิต

- การติดตามสถานะการผลิตรถยนต์ ที่ผ่านสายการผลิตต่างๆแบบอัตโนมัติโดย ข้อมูลที่ผ่านแต่ละกระบวนการจะถูกบันทึกลงใน Tag เพื่อบอกสถานะของการผลิตแทนการติดตามการผลิตด้วยคนและใช้กระดาษในการรายงาน
- การติดตามสถานะของการผลิตวัตถุอันตราย เนื่องจากไม่สามารถใช้คนในการปฏิบัติการได้ จึงต้องเก็บข้อมูลไว้ที่ Tag แล้วให้ระบบรายงานผลอัตโนมัติ

5.2.2 ระบบดาต้าคอลเลคชั่นในกระบวนการขนส่ง

- การติดตามรถยนต์เพื่อตรวจสอบสภาวะการจราจร บนถนน
- การติดตาม / บริหารการจราจร ของรถไฟ
- การชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่ด่านชั่งแบบอัตโนมัติ (Weigh in Motion)
- การบริหาร / เก็บเงินที่ลานจอดรถสาธารณะ

5.2.3 ระบบบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management and Tracking)

- การติดตาม / บริหาร คอนเทนเนอร์ที่ท่าเรือ, สนามบิน
- การตรวจสอบสินค้าคงคลังที่เป็นสิ่งมีชีวิต
- การติดตาม / กันขโมย สินค้าที่มีราคาสูง
- การติดตามสินค้าที่อันตราย

5.2.4 นำไปใช้เป็นบัตรประจำตัว (Personal Identification)

- เป็นบัตรประจำตัวผู้ป่วยในโรงพยาบาล
- เป็นบัตรประจำตัวพนักงานในองค์กรที่ต้องการความปลอดภัยสูง
- บัตรประจำตัวรถยนต์ เพื่อเก็บประวัติบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สัมฤทธิ์ บุญอมร "การพัฒนาระบบที่ใช้ในการกำหนดลักษณะประจำตัวอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2539
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช"
3. Specification and Test Range Low Power Transmitter and Receiver Module, http://www.laipac.com
4. 8051 Tutorial Serial Communication, http://thaiio.com/prog-cgi/0032_mcs.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโปรแกรม MCS-51

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำงานเพื่อควบคุมการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในแบบอะซิงโครนัสนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบเวลาที่ต้องหน่วง (Delay Time) เพื่อรอรับข้อมูลที่ถูกส่งมาแบบอนุกรมซึ่งต้องพอดีกับอัตราเร็วของข้อมูล (Bit Rate) ที่ส่งมาจากผู้ส่ง

การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด

ในการใช้งานพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ สิ่งที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุดประการหนึ่งคือ อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ อัตราบอด ซึ่งการกำหนดค่าอัตราบอดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็นหลัก โดยในการใช้ไทเมอร์ 1 เพื่อกำหนดอัตราบอดในโหมด 1 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมจะต้องกำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือ โหมด 8 บิตแบบตั้งค่าการนับอัตโนมัติ และการกำหนดค่ารีโหลดให้แก่รีจีสเตอร์ TH1 จึงเป็นตัวแปรหลักที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดให้แก่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เริ่มต้นด้วยการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจีสเตอร์ PCON ให้เป็น “0” ค่าของการรีโลดให้แก่ TH1 สามารถคำนวณได้จาก

TH1 = 256 – ((ค่าความถี่ของคริสตอล / 384) / อัตราบอด)

แต่ถ้าบิต SMOD เกิดการเซต จะเป็นการเอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ดังนั้นการกำหนดค่าให้แก่ TH1 จึงต้องคำนวณจาก

TH1 = 256 – ((ค่าความถี่ของคริสตอล / 192) / อัตราบอด)

ยกตัวอย่าง ถ้าหากในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ใช้คริสตอล 11.0592 MHz ต้องการกำหนดอัตราบอดของพอร์ตอนุกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ที่ 19,200 บิตต่อวินาที ในกรณีที่ไม่เอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ค่ารีโหลดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเท่ากับ

TH1 = 256 – ((ค่าความถี่ของคริสตอล / 384) / อัตราบอด)

= 256 – ((11059200 / 384) / 19200)

= 256 – (28800 / 19200)

= 256 – 1.5 = 254.5

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าที่ไม่ใช่จำนวนเต็ม ถ้าหากกำหนดค่าของ TH1 เป็น 254 เมื่อทำการแทนค่าเพื่อคำนวณหาค่าอัตราบอด จะได้อัตราบอดเท่ากับ 14,400 บิตต่อวินาที และถ้าหาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าของ TH1 เป็น 255 อัตราบอดจะเท่ากับ 28,800 บิตต่อวินาที ดังนั้นค่าของ TH1 ที่ไม่เป็นจำนวนเต็มจะไม่สามารถทำให้เกิดอัตราบอดตามที่ต้องการได้

ทางแก้ไขคือ ให้ทำการเอ็นเอเบิลการทวีคูณอัตราบอด โดยการเซตบิต SMOD ในรีจีสเตอร์ PCON ให้เป็น "1" จากนั้นแทนค่าลงในสมการหาค่า TH1 เมื่อมีการเซตบิต SMOD ได้ผลดังนี้

TH1 = 256 – ((ค่าความถี่ของคริสตอล / 192) / อัตราบอด)

= 256 – ((11059200 / 192) / 19200)

= 256 – (57600 / 19200)

= 256 – 3 = 253

นำค่าของ TH1 ที่ได้ทำการแทนค่าคำนวณหาค่าอัตราบอดจะได้เท่ากับ 19,200 บิตต่อวินาที สามารถสรุปขั้นตอนในการเลือกอัตราบอดโดยการกำหนดค่าของไทเมอร์ 1 ได้ดังนี้

1. กำหนดให้พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานในโหมด 1 หรือ 3
2. กำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือโหมด 8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ
3. กำหนดข้อมูลให้แก่ TH1 เท่ากับ 253 ในกรณีที่ต้องการกำเนิดอัตราบอดได้ 19,200 บิตต่อวินาที
4. ทำการเซตบิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจีสเตอร์ PCON เพื่อเอ็นเอเบิลการทวีคูณอัตราบอด

การเขียนหรือส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรม

ข้อมูลที่ต้องการส่งออกทุกค่าต้องนำไปเก็บไว้ที่รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม ซึ่งก็คือ รีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่าง

```
MOV     SBUF,#'A'
```

จากคำสั่งข้างต้นเป็นการส่งตัวอักษร A ออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ อย่างไรก็ตามก่อนทำการส่งข้อมูลทุกครั้ง ต้องแน่ใจว่าบิต TI เคลียร์หรือมีค่าเป็น"0" และเมื่อทำการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็จะเกิดการเซตบิต TI เพื่อแจ้งให้ทราบ ดังตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
CLR     TI          : เคลียร์บิต TI เพื่อทำการส่งข้อมูล
MOV     SBUF,#'A'   : ส่งข้อมูลตัวอักษรไปยังพอร์ตอนุกรม
JNB     TI,$        : รอการเซตบิต TI เพื่อแจ้งการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว
```

การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ด้วยการตรวจสอบบิต RI เกิดการเซตหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการเซตเกิดขึ้นแล้ว ให้ทำการอ่านรีจีสเตอร์ SBUF โดยต้องทำการย้ายข้อมูลผ่านทางแอกคิวมูเลเตอร์หรือรีจีสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CLR     RI      : เคลียร์บิต RI เตรียมรับข้อมูล
JNB     RI,S    : รอการเซตบิต RI อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่า การรับ
                : ข้อมูลเสร็จสมบูรณ์แล้วและมีข้อมูลเกิดขึ้นที่รี
                : จีสเตอร์ SBUF
MOV     A,SBUF  : อ่านค่าจากรีจีสเตอร์ โดยย้ายข้อมูลผ่านรีจีสเตอร์ A
CLR     RI      : หลังทำการอ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้องทำการเคลียร์
                : บิต RI เสมอ
```

รายละเอียดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Interrogator

```
        ORG     0000H
MAIN1:  MOV     TMOD,#021H
        MOV     TH1,#0F4H
        MOV     TL1,#0F4H
        SETB    TR1
        MOV     SCON,#040H
        MOV     DPTR,#SERIAL_TEXT
        ACALL   TX_TEXT

MAIN2:  MOV     DPTR,#SERIAL_TEXT2
        MOV     020H,#4DH
        SETB    REN
        JNB     RI,$
        CLR     RI
        MOV     A,SBUF
        XRL     020H,A
        MOV     A,020H
        CJNE    A,#00H,MAIN2
        ACALL   TX_TEXT

TX_TEXT:    CLR     TI
TX_LOOP:    CLR     A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVC    A,@A+DPTR
                INC     DPTR
                CJNE    A,#0FFH,TX_CHAR
                AJMP    MAIN2

TX_CHAR:        MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                AJMP    TX_LOOP

SERIAL_TEXT:    DB      '----------------------------------------
                        ',00AH,00DH
                DB      'THE DEVELOPMENT OF REMOTE
                        MOVING OBJECT DETECTOR BY
                        RFID',00AH,00DH
                DB      '----------------------------------------
                        ',00AH,00DH,0FFH

SERIAL_TEXT2:   DB      'ID : Mr. SARAWUT
                        NIMNUAN',00AH,00DH,0FFH

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Tag

```
                ORG         0000H
MAIN:           MOV         TMOD,#021H
                MOV         TH1,#0F4H
                MOV         TL1,#0F4H
                SETB        TR1
                MOV         SCON,#040H
                MOV         DPTR,#SEND_SERIAL
                ACALL       TX_TEXT
                AJMP        MAIN

TX_TEXT:        CLR         TI
TX_LOOP:        CLR         A
                MOVC        A,@A+DPTR
                XRL         020H,A
                INC         DPTR
                CJNE        A,#0FFH,TX_CHAR
                MOV         A,020H
                MOV         SBUF,A
                JNB         TI,$
                CLR         TI
                RET

TX_CHAR:        MOV         SBUF,A
                JNB         TI,$
                CLR         TI
                AJMP        TX_LOOP

SEND_SERIAL:    DB          'M'

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้