สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบระบุตำแหน่งรถ

Specify position of car system

นาย ณัฐพร ชัยรัตน์ธิกุล

นาย ณัฐพล ทองมี

วศ.
ว263412
ช519

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72043
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2550

b 11762317
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบระบุตำแหน่งรถ

Specify position of car system

โดย

นาย ณัฐพร ชัยรัตน์ธิกุล รหัส 46010207

นาย ณัฐพล ทองมี รหัส 46010210

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานเรื่องระบบระบุตำแหน่งรถ

จัดทำโดย นาย ณัฐพร ชัยรัตน์ธิกุล รหัส 46010207

นาย ณัฐพล ทองมี รหัส 46010210

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ .....

(รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบระบุตำแหน่งรถ

นาย ณัฐพร ชัยรัตน์ธิกุล รหัส 46010207
นาย ณัฐพล ทองมี รหัส 46010210
รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบระบุตำแหน่งรถ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบอาร์เอฟไอดี ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวันได้ ในการออกแบบอาร์เอฟไอดี จะทำหน้าที่กำหนดข้อมูลเฉพาะของแต่ละตำแหน่งโดยจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวแปลงสัญญาณ แล้วส่งสัญญาณนั้น ผ่านโมดูลชุดรับส่งสัญญาณเพื่อส่งและรับสัญญาณ โดยชุดรับสัญญาณจะมีไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงสัญญาณ เพื่อส่งเข้าคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และใช้โปรแกรมวิชวลเบลิก ในการประมวลผลและแสดงผลออกทางหน้าจอมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specify position of car system

Mr. Nattaporn Chairattikun ID 46010207

Mr. Nattapon Thongmee ID 46010210

Asso.Prof.Dr. Apinunt Thanachayanont advisor

Educational 2006

Abstract

This thesis is present a vehicle location system. Main purpose of thesis is to study principle of "RFID" system that can use in general purpose. In design of system the "RFID" is use to fix data at cache position with a microcontroller use translate signal. After that the signal will pass a module receiver for emit and receive a wireless signal. The module receiver made by translate microcontroller for sent data to computer by serial port and use program "Visual Basic" for complied and display by computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่เยาว์วัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวข้าพเจ้าทุกๆคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง

ณัฐพร ชัยรัตน์ธิกุล

ณัฐพล ทองมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 โครงสร้างของรายงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 RFID	3
2.1.1 ส่วนประกอบใน RFID	3
2.1.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบ	6
2.1.3 หลักการและเทคนิคที่ใช้รับและส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน	7
2.1.4 การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์	8
2.1.5 ประเภทของระบบ RFID	9
2.1.6 ความถี่ของคลื่นพาหะ	10
2.1.7 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์	11
2.1.8 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง	12
2.2 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F628	14
2.2.1 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม	16
2.2.2 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลของ PIC16F628	18
2.2.3 รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F628	19
2.3 การสื่อสารข้อมูลเบื้องต้น Data Communication	23
2.3.1 ประเภทของการส่งสัญญาณข้อมูล	24
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐาน RS-232	27
2.4.1 มาตรฐาน RS-232	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232 29
2.4.3 MAX232 30
2.5 การอินเตอร์เฟส Serial Port ด้วย Visual Basic 32
บทที่ 3 การออกแบบวงจร 35
บทที่ 4 ผลการทดลอง 42
บทที่ 5 บทสรุป 51
เอกสารอ้างอิง 52
ภาคผนวก 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูป 2.1 ระบบ RFID 4

รูป 2.2 RFID Tag 4

รูป 2.3 RFID Tag Active 5

รูป 2.4 Data Sheet Reader 6

รูป 2.5 คลื่นความถี่ RFID 7

รูป 2.6 การเหนี่ยวนำสัญญาณ 8

รูป 2.7 การเข้ารหัสสัญญาณ 9

รูป 2.8 RFID ที่แบ่งตามฟังก์ชันของระบบ 10

รูป 2.9 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 14

รูป 2.10 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC16F628 17

รูป 2.11 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ทั้งหมดของ PIC16F628และการจัดสรรพื้นที่ในแต่ละแบงก์ 18

รูป 2.12 รายละเอียดของแต่ละบิตภายในรีจิสเตอร์ STATUS 19

รูป 2.13 รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ OPTION 20

รูป 2.14 รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ PCON 21

รูป 2.15 แสดงรูปแบบสัญญาณต่างๆ 23

รูป 2.16 การส่งข้อมูลแบบขนาน 24

รูป 2.17 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม 25

รูป 2.18 การรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous 25

รูป 2.19 การรับส่งข้อมูลแบบ Synchronous 26

รูป 2.20 การใช้มาตรฐาน RS-232เชื่อมต่ออุปกรณ์ 27

รูป 2.21 แสดง Serial Port 9 ขาตัวเมียชนิด AT ซึ่งมีใช้อยู่ใน Computer PC รุ่นปัจจุบัน 29

รูป 2.22 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL ในสถานะลอจิก “1” และ “0” 30

รูป 2.23 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232 และการต่อใช้งาน 30

รูป 2.24 แสดงโครงสร้างและการจัดเรียงขาของ MAX232 31

รูป 2.25 การเพิ่มคอนโทรล MSComm เข้าไปใน Toolbox ของโปรแกรม Visual Basic ตอนที่1 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.26 การเพิ่มคอนโทรล MSComm เข้าไปใน Toolbox ของโปรแกรม Visual Basic ตอนที่ 2 33
รูป 2.27 การเพิ่มคอนโทรล MSComm เข้าไปใน Toolbox ของโปรแกรม Visual Basic ตอนที่ 3 33
รูป 3.1 แสดงหลักการทำงานของระบบระบุตำแหน่งรถ 35
รูป 3.2 วงจรภาคส่งสัญญาณ 36
รูป 3.3 วงจร Reader RFID Module 36
รูป 3.4 Timing Diagram 37
รูป 3.5 Encoder Data Waveform 37
รูป 3.6 วงจร Encoder 38
รูป 3.7 วงจร RF Transmitter 38
รูป 3.8 วงจรภาครับสัญญาณ 39
รูป 3.9 วงจร RF Receiver 39
รูป 3.10 วงจร Decoder 40
รูป 3.11 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232 41
รูป 3.12 Flow Chart แสดงการทำงานของวิชวลเบสิค 6 ในการประมวลผลข้อมูล 41
รูป 4.1 กรณีที่ RFID ยังไม่ได้รับข้อมูลจาก Tag 42
รูป 4.2 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 4 43
รูป 4.3 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 5 43
รูป 4.4 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 6 44
รูป 4.5 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 7 44
รูป 4.6 สถานะ Logic 0 45
รูป 4.7 สถานะ Logic 1 45
รูป 4.8 สัญญาณที่ Max 232 ได้รับจาก PIC 16F628 ที่ขา Tin 46
รูป 4.9 สัญญาณที่ Max 232 ส่งผ่าน Serial Port ที่ขา Tout 46
รูป 4.10 ทดลองอ่านข้อมูลที่ส่งเข้าคอมพิวเตอร์ โดย Hyper Terminal ของ Tags หมายเลข 1- F 48
รูป 4.11 การแสดงผลของคอมพิวเตอร์ 48
รูป 4.12 รถที่ใช้ในการทดลอง 49
รูป 4.13 ตัวรับสัญญาณวิทยุเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ 49
รูป 4.14 Tag ที่ใช้ในการทดลอง 50
รูป 4.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 ย่านความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน 11

ตาราง 2.2 การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (Connector) อนุกรม 9 ขา (DB-9) 28

ตาราง 4.1 ผลการทดลองวัดค่าลอจิกที่ขา RB4-RB7 ของ Encoder/Decoder 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานชิ้นนี้เป็นการประยุกต์การใช้งานของระบบ RFID เพื่อสร้างระบบระบุตำแหน่งรถที่สามารถแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ โครงงานนี้ประกอบด้วย ส่วนของการสื่อสารแบบไร้สาย ระบบ RFID และส่วนของการประมวลผลบนคอมพิวเตอร์ โดยระบบ RFID จะส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลแล้วทำการส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุที่มีการมอดดูเลทแบบ ASK เข้าไปยังภาครับสัญญาณแล้วจึงทำการส่งข้อมูลไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแสดงผลทาง Monitor

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบระบุตำแหน่งรถโดยใช้ RFID โดยนำระบบ RFID (Radio Frequency Identification) มาใช้ในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพในการที่จะติดตามความเคลื่อนไหวของรถที่ต้องการตรวจสอบ และสามารถนำไปพัฒนาต่อโดยขยายขอบเขตที่ระบบสามารถครอบคลุมได้ถึงหรือนำไปรวมกับระบบอื่นๆ เพื่อให้ได้ระบบรักษาความปลอดภัยที่ดียิ่งขึ้น

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้ RFID สามารถแบ่งขอบเขตการพัฒนาโครงงานออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ส่วน RFID เป็นส่วนการส่งข้อมูลจากตัว Tag มาให้ยังตัว RFID Reader และกำหนดรูปแบบข้อมูลที่จะใช้ในระบบ
2. ส่วนโปรแกรมที่ทำการควบคุมการทำงานของระบบ ในส่วนนี้จะแบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ส่วนรับส่งข้อมูลระหว่าง RFID Reader และ PC เป็นส่วนควบคุมการรับส่งข้อมูลเพื่อทำให้ระบบมีความถูกต้องและมีเสถียรภาพ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาแปลงให้เป็นรูปแบบข้อมูลที่ใช้ในระบบ

2.2 ส่วนแสดงผล ส่วนนี้จะทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้จากตัว RFID Reader ที่ทำการแปลงเป็นข้อมูลที่ใช้ในระบบแล้ว มาวิเคราะห์เพื่อประมวลผลข้อมูลที่ต้องการออกมาเพื่อแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โครงงานนี้เป็นโครงงานต้นแบบ เพื่อการพัฒนาไปเป็นระบบที่สมบูรณ์แบบกว่าเดิมได้
2. สามารถนำระบบที่ได้ไปใช้ร่วมกับระบบอื่นๆ เพื่อให้ได้ระบบที่มีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น

1.4 โครงสร้างของรายงาน

บทที่ 2 ทฤษฎี โดยจะกล่าวถึงทฤษฎี และหลักการพื้นฐานต่างๆของระบบอาร์เอฟไอดี และวงจรควบคุม โดยอธิบายถึงองค์ประกอบพื้นฐาน และความสัมพันธ์ในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละส่วน

บทที่ 3 การออกแบบ โดยจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบส่วนต่างๆของระบระบุตำแหน่งรถและวงจรควบคุม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง โดยจะกล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองคุณสมบัติระบบระบุตำแหน่งรถ

บทที่ 5 บทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

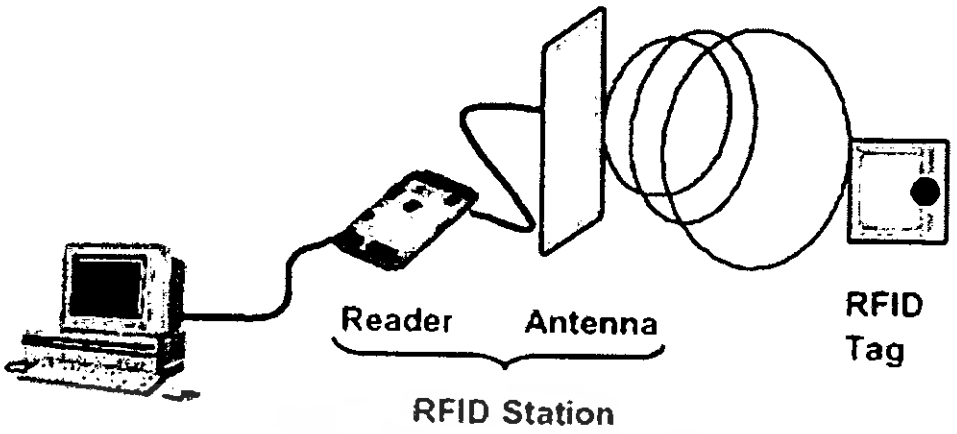
2.1 RFID

RFID ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นระบบระบุลักษณะของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ได้ถูกพัฒนา มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้งานแทนระบบบาร์โค้ด (Barcode) โดยจุดเด่นของ RFID อยู่ที่ การอ่านข้อมูลจากแท็ก (Tag) ได้หลายๆ แท็กแบบไร้สัมผัส และสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้นแรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก สามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในแท็กในปัจจุบันได้มีการนำ RFID ไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ นอกเหนือจากนำมาใช้แทนระบบบาร์โค้ดแบบเดิม เช่น ใช้ในบัตร ชนิดต่างๆ เช่น บัตรสำหรับใช้ผ่านเข้าออกสถานที่ต่างๆ บัตรที่จอดรถ ตามศูนย์การค้าต่างๆ ที่เราอาจพบเห็นอยู่ในรูปของแท็กสินค้า มีขนาดเล็กจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษได้ หรือเป็นแคปซูลขนาดเล็กฝังเอาไว้ในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติต่างๆ เป็นต้น

2.1.1 ส่วนประกอบใน RFID

ในระบบ RFID จะมีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือทรานสปอนเดอร์หรือแท็ก (Transponder/Tag) ที่ใช้ติดกับวัตถุต่างๆ ที่เราต้องการ โดยแท็กที่ว่าจะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ เอาไว้ ส่วนที่สองก็คือเครื่องสำหรับอ่าน/เขียนข้อมูลภายในแท็ก (Interrogator/Reader) ด้วยคลื่น ความถี่วิทยุ เพื่อความเข้าใจผมขอเปรียบเทียบกับระบบบาร์โค้ด เพื่อให้เห็นภาพชัดเจน แท็กในระบบ RFID ก็คือ ตัวบาร์โค้ด ที่ติดกันฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบ RFID ก็คือ เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสอง ระบบคือ ระบบ RFID จะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่าน/เขียน ส่วนระบบรหัสแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ ในการอ่าน โดยข้อเสียของระบบบาร์โค้ด คือหลักการอ่านเป็นการใช้แสงในการอ่าน แท็กบาร์โค้ด ซึ่งจะต้องอ่าน แท็กที่ไม่อะไรกับปกปิดหรือ ต้องอยู่ในเส้นตรงเดียวกับ ลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และอ่านได้ทีละแท็กในระยะใกล้ๆ แต่ระบบ RFID จะแตกต่างโดยสามารถอ่านแท็กได้ โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ้อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในเส้นตรงกับคลื่น เพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูล ได้ และการอ่านแท็กในระบบ RFID ยังสามารถอ่านได้หลายๆ แท็กในเวลาเดียวกัน โดยระยะ ในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าระบบบาร์โค้ดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.1 ระบบ RFID

- **แท็ก (Tag)**

โครงสร้างภายในของแท็กจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ขดลวดขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ และสร้างพลังงาน ป้อนให้ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุเช่นรหัสสินค้า โดยทั่วไปตัวแท็กอาจอยู่ในชนิดทั้งเป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำเอาไปติด และมีหลายรูปแบบ เช่น ขนาดเท่าบัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล เป็นต้น แต่โดยหลักการ อาจแบ่งแท็กที่มีการใช้งานกันอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ แต่ละชนิดก็จะมีความแตกต่างกันในแง่ของการใช้งานราคา โครงสร้างและหลักการทำงานอยู่ ซึ่งจะขอกล่าวถึงและอธิบายแยกเป็นหัวข้อดังนี้

รูป 2.2 RFID Tag

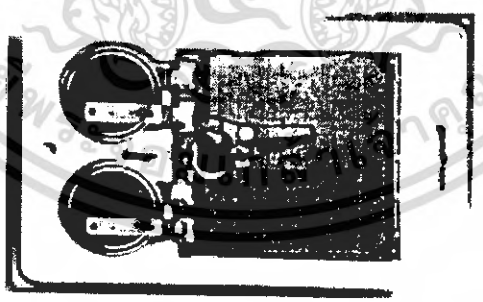
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Passive RFID Tags**

แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใดๆ เพราะ ภายในแท็กจะมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กเป็นแหล่ง จ่ายไฟในตัวอยู่ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนักระยะ อ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องส่ง และคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ ปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็กโดยทั่วไปประมาณ 16 ถึง 1,024 ไบต์ มขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไอซีของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมา จะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นแท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่ สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มี ความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน ส่วนโครงสร้างภายใน ที่เป็นไอซีของแท็กนั้น ก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM

- **Active RFID Tags**

แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน แท็กชนิดนี้ มีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และ สามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 เมตร แม้ว่าแท็ก จะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียด้วยเช่นกัน เช่น มีราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด ดังรูป นอกจากการแบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้วแท็กก็ยังถูกแบ่ง ประเภทจากรูปแบบในการใช้งานได้เป็น 3 แบบ คือ แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-Write), แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-Once Read-Many หรือ WORM) และแบบอ่านได้เพียงอย่าง เดียว (Read-Only) ด้วยอย่างไรก็ตามแท็กชนิดพาสซีฟ จะนิยมใช้มากกว่า ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงเฉพาะแท็กชนิดนี้เป็นหลัก

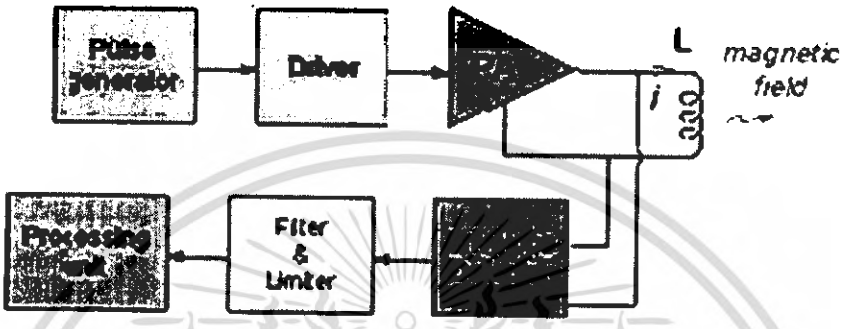


รูป 2.3 RFID Tag Active

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **เครื่องอ่าน (Reader)**

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือ การเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในแท็กด้วยสัญญาณความถี่วิทยุภายใน เครื่องอ่านจะประกอบด้วย เสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับส่งสัญญาณภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุและวงจร ควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังรูป



รูป 2.4 Data Sheet Reader

โดยทั่วไปเครื่องอ่านจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

- ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ
- ภาคสร้างสัญญาณพาหะ
- ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ
- วงจรถูนสัญญาณ
- หน่วยประมวลผลข้อมูล และภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์

2.1.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบ

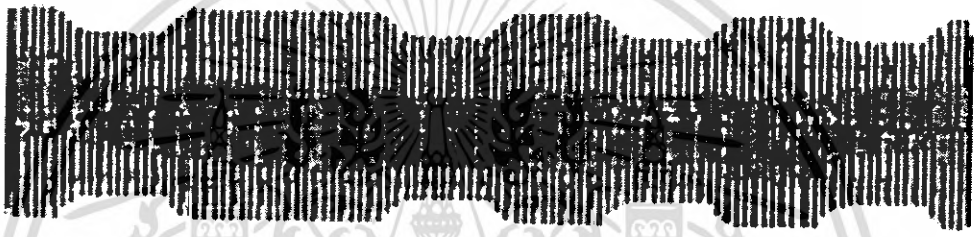
ตัวอ่านข้อมูลจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาตลอดเวลา และคอยตรวจจับว่ามีแท็กเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือการคอยตรวจจับว่ามีการมอดูเลตสัญญาณเกิดขึ้นหรือไม่ มื่อมีแท็กเข้ามาอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แท็กจะได้รับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้แท็กเริ่มทำงาน และจะส่งข้อมูลในหน่วยความจำที่ผ่านการมอดูเลตกับคลื่นพาหะแล้วออกมาทางสายอากาศที่อยู่ภายในแท็ก คลื่นพาหะที่ถูกส่งออกมาจากแท็กจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด, ความถี่ หรือเฟส ขึ้นอยู่กับวิธีการมอดูเลต ตัวอ่านข้อมูลจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของคลื่นพาหะแปลงออกมาเป็นข้อมูลแล้วทำการถอดรหัสเพื่อนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

2.1.3 หลักการและเทคนิคที่ใช้รับและส่งข้อมูลระหว่าง แท็กและเครื่องอ่าน

โดยมากเทคนิคในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก จะใช้ หลักการมอดูเลตทางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation: AM) หรือ ใช้การมอดูเลตทางแอมปลิจูดบวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มีแท็กที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่นๆ ด้วย เช่น การมอดูเลชั่นแบบเฟสชิฟคีย์อิง (Phase Shift Keying: PSK), ฟรีเควนซี่ชิฟคีย์อิง (Frequency Shift Keying: FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation: FM) ดังรูป

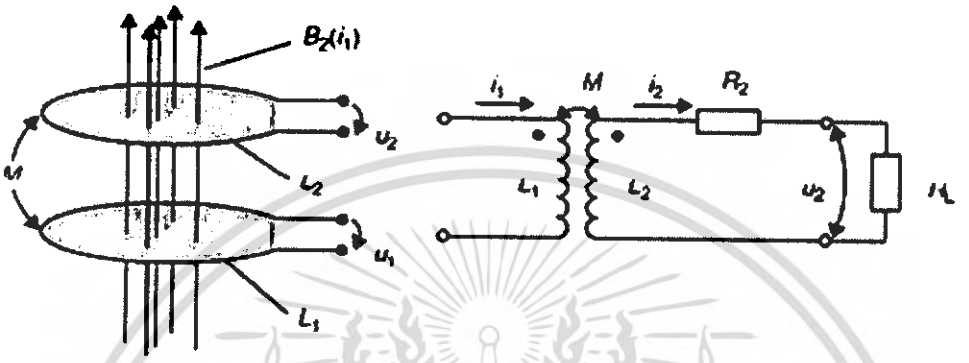


รูป 2.5 คลื่นความถี่ RFID

ในการรับส่งข้อมูลหรือสัญญาณวิทยุระหว่างแท็กกับเครื่องอ่านจะทำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อเมื่อสายอากาศมีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้งาน เช่น เมื่อความถี่ใช้งานเป็น 13.56 เมกะเฮิรตซ์ ความยาว ของเสาอากาศ (เป็นเส้นตรง) ที่เหมาะสมก็คือ 22.12 เมตร แน่นอน ว่าในทางปฏิบัติเราคงไม่สามารถนำเสาอากาศที่ใหญ่ขนาดนั้นมาใช้งานกับ แท็กขนาดเล็กของเราได้ สายอากาศที่ดูเหมาะจะใช้ร่วมกับแท็กมากที่สุด ก็คือสายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็ก หรือที่มีชื่ออย่างเป็นทางการว่าสาย อากาศแบบแมกเนติกไดโพล (magnetic dipole antenna) รูปแบบของสายอากาศแบบนี้ก็จะมีอยู่หลากหลาย ทั้งแบบที่เป็นขดลวดพันบนแกน อากาศ หรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่เป็นวงลูปที่ทำขึ้นจากลายทองแดง บนแผ่นวงจรพิมพ์ ทั้งที่เป็นลูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ ความเหมาะสมในการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามความถี่พาหะ และประเภทของงาน ด้วยเช่นกัน นอกจากการรับส่งข้อมูลแล้วสาย อากาศก็ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ให้กับแท็กด้วย โดยอาศัยหลักการทำงานตามแนวคิดของไมเคิล ฟาราเดย์ เรื่องแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก (จากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่าน) ที่มีค่า เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time-varying magnetic field) พุ่งผ่านสายอากาศของ แท็กเมื่อแท็กและเครื่องอ่านตั้งอยู่ห่างกัน ในระยะ 0.16 เท่าของความยาวคลื่นพาหะ ที่ใช้เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า transformer-type coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้า เหนี่ยวนำขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ(primary) และขดลวดทุติยภูมิ (secondary) ในหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) จะเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับอธิบายกลไกที่ เกิดขึ้นในการส่งข้อมูลของแท็ก

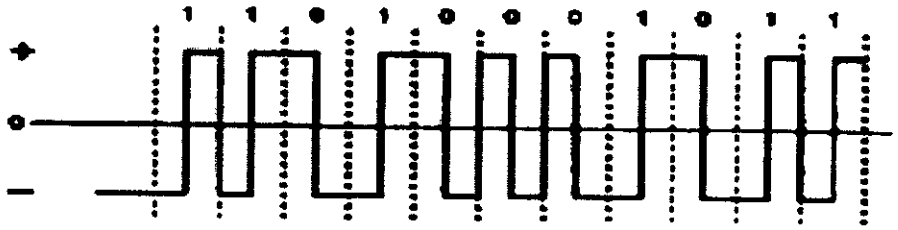


รูป 2.6 การเหนี่ยวนำสัญญาณ

2.1.4 การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์

เป็นการเข้ารหัสข้อมูลดิจิทัลวิธีหนึ่ง ก่อนที่ข้อมูลซึ่งผ่าน การเข้ารหัสแล้วจะถูกส่งไปมอดูเลต เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับ การซิงโครไนซ์ของข้อมูล เนื่องจากการส่งกระจายสัญญาณตาม ปกตินั้นหากมีการส่งสัญญาณดิจิทัลในระดับเดียวดิดต่อกันเป็น ช่วงยาว เช่น ส่งสัญญาณดิจิทัลที่มีค่าลอจิกเป็น 1 ออกไป 20 บิตดิดต่อกัน จะทำให้การซิงโครไนซ์ของข้อมูลเกิดการคลาด เคลื่อน (โดยปกติวงจรดิจิทัลจะปรับการซิงโครไนซ์ของข้อมูล ได้เฉพาะในช่วงที่มีการเปลี่ยนระดับของข้อมูลจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1) และทำให้รับข้อมูลผิดพลาดเพื่อป้องกันปัญหา ดังกล่าวจึงจะต้องมีการนำสัญญาณดิจิทัลปกติไปผ่านเข้า รหัสเสียก่อน โดยการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ จะเปลี่ยนให้สัญญาณดิจิทัลลอจิก 0 ถูกแทนด้วยการเปลี่ยนค่าจากลอจิก 1 เป็น 0 และสัญญาณดิจิทัลลอจิก 1 แทนด้วยการเปลี่ยน ค่าจากลอจิก 0 เป็น 1 ข้อดีของการเข้ารหัสแบบนี้ก็คือ ทำให้ การเปลี่ยนระดับของข้อมูลทุกๆ ครั้งเป็นไปอย่างแน่นอน หรือ เกิดการเข้าจังหวะ (synchronize) กันของข้อมูลนั่นเอง แต่ว่า การเข้ารหัสแบบนี้ก็มีข้อเสียอยู่กล่าวคือช่วงความถี่ที่ใช้ในการ ส่งข้อมูลต้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 การเข้ารหัสสัญญาณ

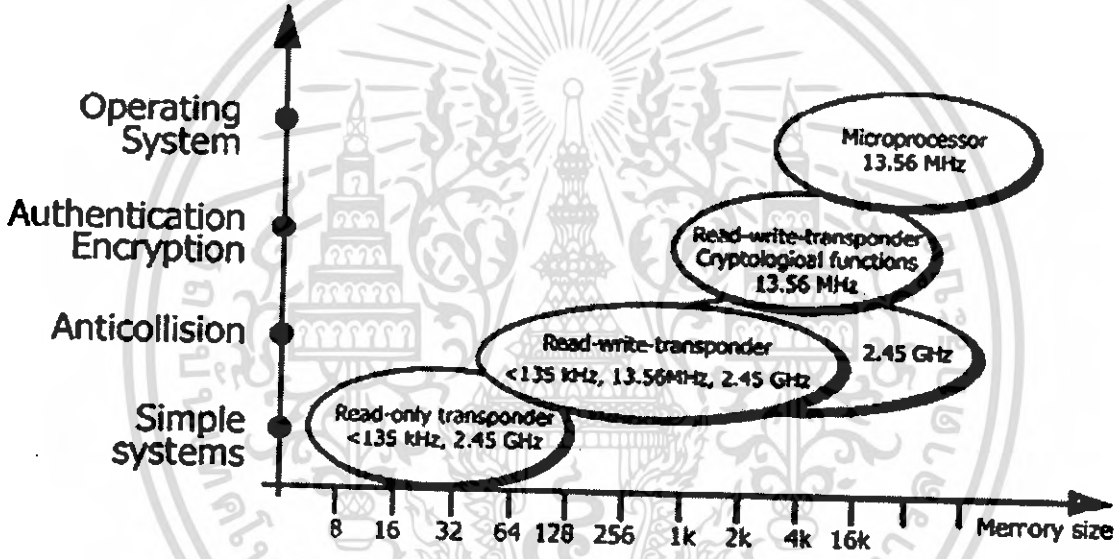
2.1.5 ประเภทของระบบ RFID

RFID ถูกจำแนกเป็นประเภทได้หลายอย่างขึ้นอยู่กับว่าจะถูกจำแนกจากคุณสมบัติอะไร เช่น ความถี่ที่ใช้งาน ชนิดของป้ายชื่อ หรือไม่ว่าจะเป็น ขนาดของหน่วยความจำในป้ายชื่อที่ใช้งาน

- การจำแนกโดยขนาดของหน่วยความจำ ซึ่งแบ่งออกเป็น
  - ชนิด 1 บิต (1 Bit Type) จะตรวจสอบเฉพาะว่า มีป้ายชื่อ อยู่ในพื้นที่สัญญาณหรือไม่ สถานะจะมีแค่เพียงรหัสดิจิตอลที่เป็น 1 หรือ 0 เท่านั้น
  - ชนิดหน่วยความจำมากกว่า 1 บิต (Data Carrier Type) RFIDชนิดนี้ป้ายชื่อ ประกอบด้วยไมโครชิปและหน่วยความจำอยู่ภายใน ทำให้มีราคาสูงกว่าแบบแรก
- การจำแนกโดยลักษณะของการเหนี่ยวนำอำนาจแม่เหล็ก ซึ่งแบ่งออกเป็น
  - Close Coupling วิธีนี้ใช้ได้ในกรณีที่ตัวอ่าน และป้ายชื่อ อยู่ห่างกันระหว่าง 0-I ซม. ซึ่ง ถือว่าอยู่ในระดับ small range ความถี่ของการใช้งาน ที่ส่งมาจากตัวอ่าน อยู่ในช่วง 2-30 MHz
  - Remote coupling วิธีนี้ สามารถ ใช้ได้ในกรณีที่ตัวรับตัวส่งอยู่ในระยะ ตั้งแต่ 1 ซม. -1 เมตร การทำงานของวิธีแบบนี้ ทั้งตัวรับและตัวส่งสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในได้ หรือมีการทำงานแบบที่เรียกว่า Read & Write การทำงานจะอยู่ในย่านความถี่ 6.75 MHz, 13.56 MHz,27.125 MHz
  - Long range วิธีนี้เหมาะสำหรับที่ระยะห่างตั้งแต่ I เมตรถึง 10 เมตร ในการทำงานของมันถือได้ว่าเป็นการใช้คลื่นไมโครเวฟ ปกติย่านความถี่ที่ใช้งานจะอยู่ที่ 2.45 GHz นอกจากนี้ก็ยังมีบางมาตรฐานใช้ความถี่ที่ 915 MHz, 5.8 GHz, 24.125 GHz วิธีนี้ในการส่ง พลังงานจากตัวส่งถึงตัวรับไม่เพียงพอที่จะสามารถทำให้ตัวรับทำงานได้ดังนั้น วิธีแบบ Long range นี้ ตัวรับมักจะมีเหล่งจ่ายพลังงาน ในตัวมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การจำแนกตามความสามารถของระบบ แบ่งออกเป็น
  - แบบอ่านอย่างเดียว (Read Only System) จะมีข้อมูลที่อยู่ในรูปของ Serial Number และไม่สามารถเขียนข้อมูลใหม่ลงไปได้เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความปลอดภัยสูงมากนักและไม่จำเป็นต้องเขียนข้อมูลใหม่
  - ระบบอ่านเขียน (Read-Write System) สามารถเขียนข้อมูลซ้ำลงไปได้ โดยความจุจะอยู่ที่ประมาณ 16 ไบต์จนถึงมากกว่า 16 กิโลไบต์ หน่วยความจำที่ใช้มักจะเป็น EEPROM หรือ SRAM
- ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor System) สามารถประยุกต์ใช้งานได้มากมายและมีฟังก์ชันในการสร้างข้อมูลที่เป็นรหัสลับได้ หน่วยความจำที่ใช้มักเป็น EEPROM



รูป 2.8 RFID ที่แบ่งตามฟังก์ชันของระบบ

2.1.6 ความถี่ของคลื่นพาหะ

ในปัจจุบันได้มีการรวมกลุ่มระหว่างแต่ละประเทศ เพื่อทำการกำหนดมาตรฐานความถี่คลื่นพาหะของระบบ RFID โดยมีสามกลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มประเทศในยุโรปและอาฟริกา (Region 1), กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ (Region 2) และสุดท้ายคือกลุ่มประเทศตะวันออกไกลและออสเตรเลีย (Region 3) ซึ่งแต่ละกลุ่มประเทศจะกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ความถี่ต่างๆให้แก่บรรดาประเทศสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม ความถี่ของคลื่นพาหะที่นิยมใช้งานในย่านความถี่ต่ำ ย่านความถี่ปานกลาง และย่านความถี่สูงก็คือ 125 kHz, 13.56 MHz และ 2.45 GHz ตามลำดับดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 นอกจากนี้รัฐบาลของแต่ละประเทศ โดยทั่วไปจะมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับระเบียบการใช้งานย่านความถี่ต่างๆ รวมถึงกำลังส่งของระบบ RFID ด้วย

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

ตารางที่ 2.1 ย่านความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน

2.1.7 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์

อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ โดยปกติถ้าความถี่ของคลื่นพาหะยิ่งสูง อัตราการรับส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย ส่วนการเลือกแบนด์วิดธ์ หรือย่านความถี่นั้นก็จะมีผลต่ออัตราการรับส่งข้อมูลเช่นกันโดยมีหลักว่า แบนด์วิดธ์ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อยสองเท่า ยกตัวอย่างเช่น ถ้าใช้แบนด์วิดธ์ในช่วง 2.4-2.5 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะสามารถรองรับอัตราการรับส่งข้อมูลได้ถึงประมาณ 2 megabits ต่อวินาที เป็นต้น แต่การใช้แบนด์วิดธ์ที่กว้างเกินไปก็อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนมาก หรือทำให้ S/N Ratio ต่ำลงนั่นเอง ดังนั้นการเลือกใช้แบนด์วิดธ์ให้ถูกต้องก็เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณา

2.1.8 ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง

ระยะการรับส่งข้อมูลในระบบ RFID ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญต่างๆ คือ กำลังส่งของตัวอ่านข้อมูล (Reader/Interrogator Power) กำลังส่งของแท็ก (Tag Power) และสภาพแวดล้อม ส่วนการออกแบบสายอากาศของตัวอ่านข้อมูล จะเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกมาจากสายอากาศ ดังนั้นระยะการรับส่งข้อมูล บางทีอาจขึ้นอยู่กับมุมของการรับส่งระหว่างแท็กและตัวอ่านข้อมูลด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสำคัญ ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทั่วไปจะลดลงตามระยะทางโดยแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง แต่ในบางสภาพแวดล้อมซึ่งอาจมีการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสิ่งต่างๆรอบตัว เช่น โลหะ ก็อาจทำให้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว โดยอาจแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสี่ ปรากฏการณ์เช่นนี้เราเรียกว่า "Multi-path Attenuation" ซึ่งจะส่งผลให้ระยะการรับส่งข้อมูลสั้นลง หรือแม้กระทั่งความชื้นในอากาศก็อาจมีผลในกรณีที่ความถี่สูงๆ ดังนั้นการนำระบบ RFID ไปใช้งานก็ควรมีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เพราะจะมีผลกระทบกับระยะการรับส่งข้อมูล และพยายามติดตั้งระบบให้ห่างไกลจากโลหะ ซึ่งอาจทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ กำลังส่งของแท็กที่จะส่งกลับมายังตัวอ่านข้อมูลนั้น โดยทั่วไปจะมีกำลังที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังส่งของ ตัวอ่านข้อมูล ดังนั้นความไวในการตรวจจับสัญญาณของตัวอ่านข้อมูล ก็เป็นอีกจุดหนึ่งที่ต้องพิจารณา ถึงแม้ในทางเทคนิคเราจะสามารถทำให้ตัวอ่านข้อมูลมีกำลังส่งมากแค่ไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปก็จะถูกจำกัดโดยกฎหมายของแต่ละประเทศ เช่นเดียวกับความถี่ ดังนั้นในระบบ RFID โดยทั่วๆไปจะมีกำลังส่งเพียงระหว่าง 100 -500 mW

<u>จุดเด่นของระบบ RFID</u>

1. การอ่านข้อมูลของฉลากที่ได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัส
2. สามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี หรือสามารถอ่านค่าได้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น สินค้าที่กำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต
3. ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทก
4. สามารถอ่านข้อมูลได้ถูกต้องรวดเร็ว
5. สามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ, พลาสติก, กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่นๆ ในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

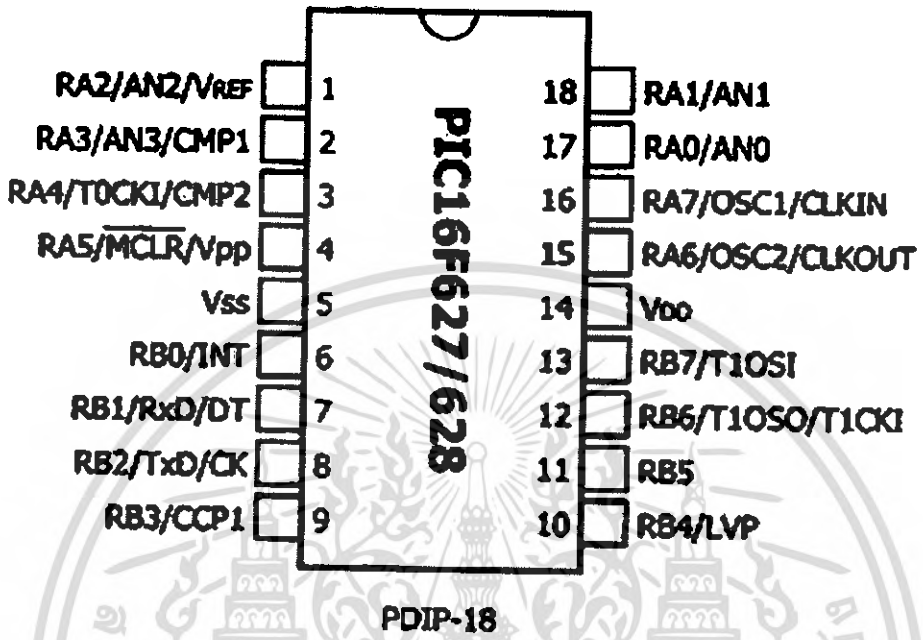
ปัญหาของระบบ RFID

ส่วนปัญหาของ RFID ที่พบก็คือไม่สามารถใช้ข้ามระบบความถี่ได้ ร้านค้าปลีกที่ใช้ RFID เพื่อตรวจข้อมูลสินค้าจะใช้ได้ในเฉพาะร้านนั้นๆ เช่นเดียวกับการตรวจสอบสินค้าจากโรงงานไปยังคลังเก็บสินค้าและไปยังที่ขนส่งสินค้า RFID ไม่สามารถตรวจสอบได้ดีนักเมื่อสินค้าอยู่นอกเขตคลื่นวิทยุ การแก้ปัญหาเหล่านี้ ทำโดยมีความพยายามสร้างเครื่องอ่านที่สามารถอ่านข้อมูลและแปลสัญญาณจาก RFID ของคลื่นที่แตกต่างกันและในสิ่งแวดล้อมที่ต่างกันได้ แม้จะอยู่ภายนอกอาคาร ปัญหาที่ยังต้องการการพัฒนาต่อไปของระบบ RFID ก็คือ เครื่องอ่านของระบบ RFID ในปัจจุบันสามารถอ่านแผ่นป้ายได้เพียงครั้งและแผ่น ซึ่งหมายความว่า กล่องสินค้าจำนวนมากต้องใช้เครื่องอ่านมากกว่า 1 เครื่อง สิ่งที่ควรพิจารณาปรับปรุงเกี่ยวกับระบบ RFID อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ เรื่องของมาตรฐานของระบบ ปัจจุบันผู้ผลิตต่างก็มีมาตรฐานเป็นของตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นความถี่ที่ใช้งาน หรือโปรโตคอล (Protocol) เรายังไม่สามารถนำแทกส์จากผู้ผลิตรายหนึ่งมาใช้กับตัวอ่านข้อมูลของผู้ผลิตอีกรายหนึ่งหรือในทางกลับกันได้ นี่เป็นอุปสรรคที่สำคัญของการเติบโตของระบบ RFID อย่างไรก็ตาม หลายองค์กรได้ตระหนักถึงปัญหานี้ และได้เริ่มมีการพัฒนาระบบมาตรฐานขึ้นมาทั้งในยุโรป และอเมริกา โดยหน่วยงาน ANSI's X3T6 ซึ่งประกอบไปด้วยผู้ผลิตและผู้ใช้งานระบบ RFIDในอเมริกา ได้กำลังทำการพัฒนามาตรฐานของระบบ RFID ที่ความถี่ 2.45 GHz ขึ้นมา หรือองค์กร ISO ก็ได้มีมาตรฐานเกี่ยวกับการใช้ระบบ RFID กับงานปศุสัตว์ออกมาแล้ว คือ ISO 11784 และ 1178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F628

การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 จะเป็นดังรูปที่ 2.9



รูป 2.9 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

โดยแต่ละขาจะทำหน้าที่ดังนี้

VCC : ขาต่อไฟเลี้ยงบวก ตั้งแต่ 3-5.5V

VSS : ขาต่อกราวด์

RA0/AN0 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRAO , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง 0

RA1/ANI : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA1 , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง1

RA2/AN2/VREF : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA2 , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง2 , เอาต์พุตแรงดันอ้างอิง

RA3/AN3/CMP1 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA3 , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง3 , เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกชุดที่1

RA4/TOCKI/CMP2 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA4 กรณีใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตจะมีโครงสร้างเป็นแบบเดรนเปิด,อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 0, เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกชุดที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RA5/MCLR/THV : เป็นขาอินพุตเท่านั้นโดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA5 , ขารีเซตหลัก , อินพุตรับแรงดันสูงสำหรับการโปรแกรม

RA6/OSC2/CLKOUT : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RA6 เมื่อทำงานในโหมด INTRC , เอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาหลักเมื่อทำงานในโหมด ER มีความถี่เท่ากับ 1/4 ของความถี่ที่ขา OSC1 , ขาต่อคริสตอลเมื่อทำงานในโหมด LP, XT , HS

RA7/OSC1/CLKIN : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RA7 เมื่อทำงานในโหมด INTRC , อินพุตสัญญาณนาฬิกาหลักเมื่อทำงานในโหมด EC , ต่อตัวต้านทานเพื่อกำหนดค่าความถี่ในโหมด ER , ขาต่อคริสตอลเมื่อทำงานในโหมต LP , XT และHS

RB0/INT : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB0 , อินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก

RB1/RxD/DT : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB1 , ขารับข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรม USART , ขาติดต่อสัญญาณข้อมูลซิงโครนัส

RB2/TxD/CK : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB2 , ขาส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรม USART , ขาติดต่อสัญญาณนาฬิกาซิงโครนัส

RB3/CCP1 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB3 ,ขาอินพุทหรือเอาต์พุตของโมดูล CCP

RB4/PGM : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB4 ,สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ ในกรณีเอ็นเอเบิลไว้,ป้อนสัญญาณกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน (wake-up) กรณีอยู่ในโหมประหยัด พลังงาน (sleep) , อินพุทรับแรงดัน +5V ในกรณีที่ต้องการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยแรงดันต่ำ (low voltage programming : LVP) เมื่อเลือกการโปรแกรมแบบนี้ การกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลอจิกที่ขานี้จะถูกดิสเอเบิล

RB5 : เป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB5,สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ ในกรณีเอ็นเอเบิลไว้,ป้อนสัญญาณกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน (wake-up) กรณีอยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (sleep)

RB6/T1OSO/T1CKI/PGC : เป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB6 ,สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ ในกรณีเอ็นเอเบิลไว้,ขาเอาต์พุตสัญญาณออสซิลเลเตอร์ของไทเมอร์1,อินพุตรับสัญญาณนาฬิกาสำหรับไทเมอร์ 1,ขาสัญญาณนาฬิกาของการโปรแกรม,ป้อนสัญญาณกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน (wake-up) กรณีอยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (sleep)

RB7/T1OSI/PGD : เป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB7,สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ ในกรณีเอ็นเบิลไว้,ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

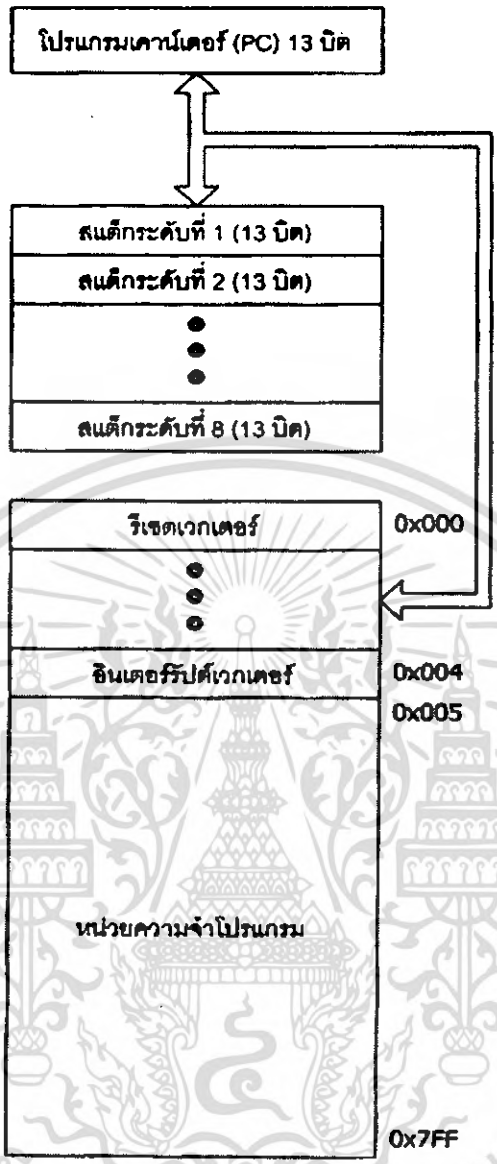
อินพุตสัญญาณออสซิลเลเตอร์ของไทเมอร์1,ขาสัญญาณข้อมูลของการโปรแกรม,ปีอนสัญญาณกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน (wake-up) กรณีอยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (sleep)

2.2.1 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรม(program memory) เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เพราะเป็นที่เก็บข้อมูลคำสั่งทั้งหมดซึ่งใช้ในการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน หน่วยความจำโปรแกรมของPIC16F628เป็นแบบแฟลช(flash memory) ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง แต่อย่างไรก็ตามโดยปกติหน่วยความจำโปรแกรมหลังจากที่ทำการเขียนในขั้นตอนของการโปรแกรมแล้วก็จะมีไว้สำหรับอ่านออกมาได้เพียงทางเดียวซึ่งในPIC16F62X มีโปรแกรมเคาน์เตอร์(PC) ขนาด13บิตเพื่อกำหนดการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมโดยใน PIC16F628 มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม 2K * 14บิต(หรือ 2 กิโลเวิร์ด)ซึ่งจะมีการจัดสรรพื้นที่ดังในรูปที่3.2 มีการสงวนแอดเดรส 0x0000 และ 0x0004 ไว้เช่นกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นรูปแบบมาตรฐานของการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูป 2.10 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC16F628

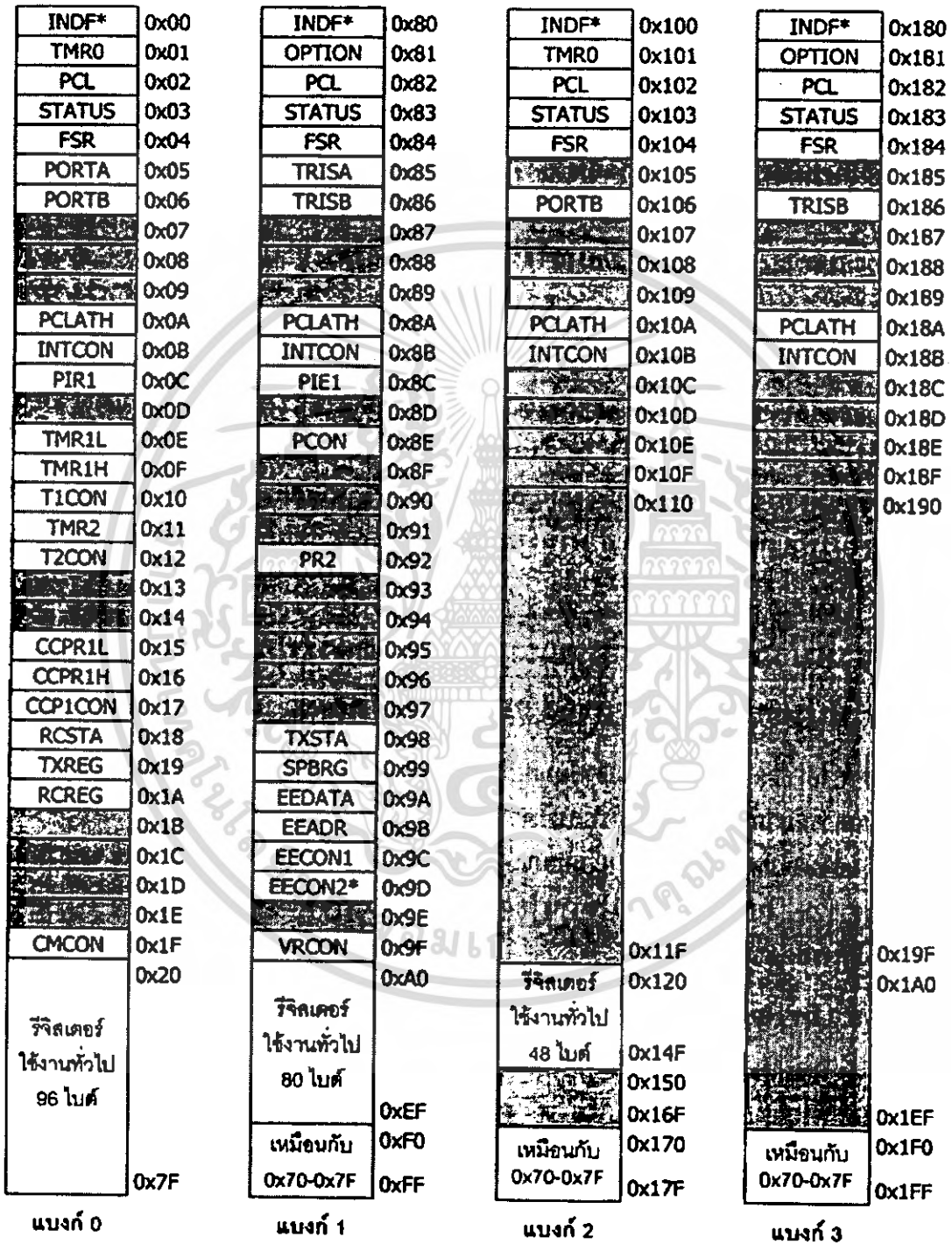
นอกจากนั้นใน PIC16F628 ยังมีพื้นที่หน่วยความจำพิเศษสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ชั่วคราวขนาด13 บิต เรียกว่า สแต็ก(stack) ซึ่งจะมีบทบาทในการกระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อยของ PIC16F628 โดยเมื่อกระทำคำสั่งให้กระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อย ซีพียูจะทำการเก็บค่าโปรแกรมเคาน์เตอร์หรือ PC ในขณะนั้นไว้ในสแต็กจากนั้นจึงกระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อยเมื่อทำงานเรียบร้อยแล้วซีพียูจะไปอ่านค่า PC จากสแต็กกลับมาแล้วทำงานตามกระบวนการในโปรแกรมหลักต่อไปสำหรับสแต็กใน PIC16F628 มีขนาด 13บิตสามารถเก็บค่าของ PC ได้ 8 ระดับ

72043

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลของ PIC16F628

ใน PIC16F628 มีการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลแรมออกเป็น4ช่วงแต่ละช่วง เรียกว่าแบงก์(bank) แต่ละแบงก์มีขนาดสูงสุด128ไบต์ แต่จะมีการใช้งานได้จริงในแต่ละแบงก์แตกต่างกัน



รูป 2.11 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ทั้งหมดของ PIC16F628 และการจัดสรรพื้นที่ในแต่ละแบงก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบงก์ 0 มีช่วงแอดเดรส 0x00-0x7F โดยจะแบ่งพื้นที่ใช้งานของแอดเดรสแต่ละส่วนดังนี้
  แอดเดรส 0x00-0x01F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์(บางพื้นที่สงวนไว้ แสดงเป็นสีเทา)
  แอดเดรส 0x20-0x07F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 96 ไบต์
- แบงก์ 1 มีช่วงแอดเดรส 0x80-0xFF โดยจะแบ่งพื้นที่ใช้งานของแอดเดรสแต่ละส่วนดังนี้
  แอดเดรส 0x80-0x9F เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ไฟล์(บางพื้นที่สงวนไว้ แสดงเป็นสีเทา)
  แอดเดรส 0xA0-0xEF เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 80 ไบต์
  แอดเดรส 0xF0-0xFF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์
- แบงก์ 2 มีช่วงแอดเดรส 0x100-0x17F จะแบ่งพื้นที่ใช้งานของแอดเดรสแต่ละส่วนดังนี้
  แอดเดรส 0x100-0x10F เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ไฟล์(บางพื้นที่สงวนไว้ แสดงเป็นสีเทา)
  แอดเดรส 0x110-0x11F ไม่มีการใช้งาน
  แอดเดรส 0x120-0x14F เป็นพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป 48 ไบต์
  แอดเดรส 0x150-0x16F ไม่มีการใช้งาน
  แอดเดรส 0x170-0x17F บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์
- แบงก์ 3 มีช่วงแอดเดรส 0x180-0x1FF
  แอดเดรส 0x180-0x18B เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ไฟล์(บางพื้นที่สงวนไว้ แสดงเป็นสีเทา)
  แอดเดรส 0x18C-0x1EF ไม่มีการใช้งาน
  แอดเดรส 0x1F0-0x1FF บรรจุข้อมูลเหมือนกับในแอดเดรส 0x70-0x7F ในแบงก์ 0 เพื่อช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลจากแอดเดรส 0x70-0x7F ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนแบงก์

2.2.3 รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F628

- **รีจิสเตอร์** STATUS : เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลแสดงสถานการณ์ทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F628 ไม่ว่าจะเป็นแฟลกแสดงผลของการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิก แสดงการทำงานของวอตช์ ด็อกไทเมอร์ แสดงการทำงานในโหมดสลีปและใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 0x03 ในแบงก์ 0, 0x83 ในแบงก์ 1,0x103 ในแบงก์ 2 และ 0x183 ในแบงก์ 3

	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
	R/W -0	R/W -0	R/W -0	R -1	R -1	R/W -x	R/W -x	R/W -x

รูป 2.12 รายละเอียดของแต่ละบิตภายในรีจิสเตอร์ STATUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- IRP(Indirect Register Bank Select bit – บิต7) : ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์ เมื่อใช้การอ้างอิงแบบโดยอ้อม(Indirect addressing mode)
- RP1-RP0(Register Bank Select bit –บิต 6และ5) : ใช้เลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรมและรีจิสเตอร์ไฟล์เมื่อใช้การอ้างถึงแบบโดยตรง(direct addressing mode)
- $\overline{TO}$ (Time-out bit-บิต4) :บิตแสดงขอบเขตเวลา แสดงการเกิดไทม์เอาต์เมื่อวอตช์ด็อกไทเมอร์(WDT) ทำงานครบเวลาที่กำหนดโดยแอกทีฟเป็นลอจิก 0 บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียวบิตนี้จะเซตเมื่อจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อกระทำคำสั่ง CLRWDT หรือ SLEEP
- $\overline{PD}$ (Power -down bit – บิต 3) : บิตแสดงการทำงานในโหมดสลีปหรือโหมดประหยัดพลังงานเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าสู่โหมดสลีป โดยการกระทำคำสั่ง SLEEP บิตนี้จะกลายเป็นลอจิก “0 บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น การเซตบิตนี้จะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อกระทำคำสั่ง CLRWDT ทำให้เกิดการเวกอัปออกจากโหมด สลีป
- Z (Zero bit – บิต 2) : บิตศูนย์ ใช้แสดงผลการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์
- DC (Digit carry/borrow bit – บิต 1) : บิตทดหรือยืมระหว่างหลัก
- C (Carry/borrow bit – บิต 0) : บิตทดหรือยืม ใช้แสดงผลการทดและยืมค่าทางคณิตศาสตร์

- รีจิสเตอร์ OPTION : รีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านและเขียนได้ทุกบิต บรรจุข้อมูลควบคุมการพูลอัพของพอร์ต B, การเลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RB0/INT, ข้อมูลควบคุมการทำงานของไทเมอร์ 0 และวอตช์ดอกไทเมอร์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x81 ในแบงก์ 1 และ 0x81 ในแบงก์ 3 ดังมีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตต่อไปนี้

	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
OPTION	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1	R/W -1

รูป 2.13 รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ OPTION

- $\overline{RBPU}$ (Port B Pull-up enable bit – บิต 7) : บิดเอนเอเบิลการพูลอับของพอร์ต B
- INTEDG (Interrupt edge select bit – บิต 6) : บิตเลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RB0/INT
- T0CS (TMR0 Clock source select bit – บิต 5) : บิตเลือกแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไทเมอร์ 0

- T0SE (TMR0 Source edge select bit – บิต 4) : บิตเลือกการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณเพื่อทำให้ไทเมอร์ 0 เพิ่มค่าขึ้น การกำหนดข้อมูลในบิตนี้เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไทเมอร์ 0 ที่บิต T0CS หากเลือกรับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก จะต้องมาเลือกการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่บิตนี้ แต่ถ้าเลือกรับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายในการกำหนดข้อมูลที่บิตนี้จะไม่มีผลแต่อย่างใด
- PSA (Prescaler assignment bit – บิต 3) : บิตเลือกการทำงานของปรีสเกลเลอร์
- PS2-PS0 (Prescaler rate select bit – บิต 2,1 และ 0) : บิตเลือกอัตราส่วนของปรีสเกลเลอร์ ใช้ในการกำหนดอัตราส่วนในการทำงานของปรีสเกลเลอร์เมื่อทำงานร่วมกับทั้งวอตช์ด็อกไทเมอร์และไทเมอร์ 0 ซึ่งจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

- รีจิสเตอร์ PCON (Power control status register) : รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการแจ้งสถานะของการรีเซตที่เกิดขึ้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F628 มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x8E มีบิตใช้งานเพียง 3 บิต ดังนี้

	บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
PCON	-	-	-	-	OSCF	-	$\overline{POR}$	$\overline{BOR}$
							R/W -x	R/W -x

รูป 2.14 รายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ PCON

บิต 2 , 4-7 ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เป็น “0

- OSCF (INTRC/ER oscillator speed – บิต 3) : บิตเลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาในโหมด INTRC และ ER
- $\overline{POR}$ (Power-on reset status bit – บิต 1) : บิดแสดงสถานการณ์เกิดเพาเวอร์ออนรีเซต
- $\overline{BOR}$ (Brown-out reset status bit – บิต 0) : บิตแสดงสถานะการเกิดบราวเอาต์รีเซต

- รีจิสเตอร์ W (Working register) : รีจิสเตอร์ที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพราะไม่ว่าจะเป็นการประมวลผลทางคณิตศาสตร์หรือลอจิก ต้องการะทำผ่านรีจิสเตอร์ W ซึ่งสามารถสังเกตได้จากชื่อคำสั่ง หากคำสั่งใดมีตัวอักษร W เข้าไปเป็นส่วนประกอบคำสั่งนั้นๆ จะต้องติดต่อกับรีจิสเตอร์ W อย่างแน่นอน
- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) : รีจิสเตอร์พิเศษที่ทำหน้าที่ระบุแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมที่ซีพียูจะต้องไปทำการอ่านข้อมูลเพื่อทำงาน โปรแกรมเคาน์เตอร์มีขนาด 13 บิต สำหรับใน PIC16F628 ซึ่งมีขนาดหน่วยความจำ 2 กิโลเวิร์ด จะใช้โปรแกรมเคาน์เตอร์จำนวน 11 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมเคาน์เตอร์แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีขนาด 8 บิต เป็นข้อมูลในไบต์ต่ำ (บิต 0-7) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCL มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x02 อีกส่วนหนึ่งมีขนาด 5 บิต เป็นข้อมูลในไบต์สูง (บิต 8-12) เรียกว่า รีจิสเตอร์ PCH สำหรับรีจิสเตอร์ PCH ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรง การปรับปรุงข้อมูลใน PCH ต้องการะทำผ่านรีจิสเตอร์ PCLATH ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที 0x0A

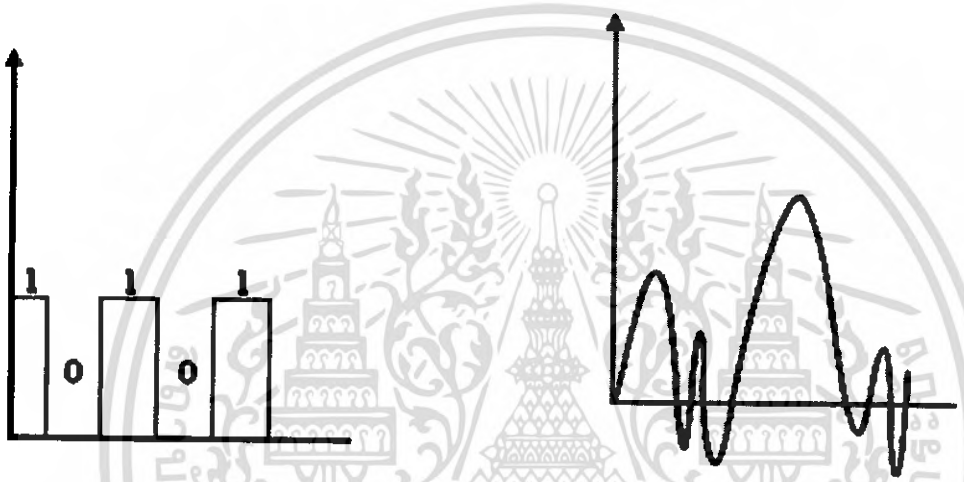
สแต็ก (Stack)ใน PIC16F628 มีหน่วยความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC) ชั่วคราวขนาด 13 บิต หรือเรียกว่า สแต็ก โดยสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งสิ้น 8 ระดับ โดยพื้นที่ของสแต็กนั้นจะจัดสรรแยกไว้ต่างหากไม่เกี่ยวข้องกับพื้นทีของหน่วยความจำแต่อย่างใด ตัวชี้ตำแหน่งของสแต็กหรือเรียกว่า สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack pointer) ผู้ใช้งานไม่สามารถทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลได้ โดยค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะเปลี่ยนแปลงอัตโนมัติจากการกระทำคำสั่ง CALL,RETURN,RETLW และ RETFIE การเก็บค่าของสแต็กจะต่อเนื่องกันเป็นวงกลม สามารถเก็บข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันได้ 8 ค่า เมื่อมีการเก็บข้อมูลครั้งที่ 9 เข้ามา ข้อมูลนั้นจะไปทับในสแต็กของข้อมูลครั้งแรกวนเช่นนี้ไปตลอด ดังนั้นในไมโครอนโทรลเลอร์ PIC จึงไม่มีการแจ้งเหตุการณ์สแต็กเกิน (Stack overflow)

นอกจากนั้นการเก็บหรืออ่านค่าในสแต็กของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC จะเกิดขึ้นเมื่อมีการกระทำคำสั่ง CALL,RETURN,RETLW และ RETFIE หรือเกิดการอินเตอร์รัปต์เท่านั้น ไม่มีคำสั่ง PUSH หรือ POP เพื่อติดต่อกับสแต็กเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสื่อสารข้อมูลเบื้องต้น Data Communication

สัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสารแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือสัญญาณอะนาลอกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณที่มีขนาดเป็นค่าต่อเนื่อง ส่วนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงเป็นค่าของเลขลงตัว โดยปกติมักแทนด้วย ระดับแรงดันที่แสดงสถานะเป็น "0" และ "1" หรืออาจจะมีหลายสถานะ ซึ่งจะกล่าวถึงในเรื่องระบบสื่อสารดิจิตอล มีค่าที่ตั้งไว้(threshold) เป็นค่าบอกสถานะ ถ้าสูงเกินค่าที่ตั้งไว้สถานะเป็น "1" ถ้าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้สถานะเป็น "0" ซึ่งมีข้อดีในการทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยลง



รูป 2.15 แสดงรูปแบบสัญญาณต่างๆ

เนื่องจากสัญญาณรบกวนต้องมีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้สถานะจึงจะเปลี่ยน ตัวอย่างเช่น ในระบบดิจิตอล สถานะของข้อมูลเป็น "0" สัญญาณรบกวนมีค่า 0.2 โวลต์ แต่ค่าที่ตั้งไว้เท่ากับ 0.5 โวลต์ สถานะยังคงเดิมคือเป็น "0" ในขณะที่ระบบอะนาลอก สัญญาณรบกวนจะเติมเข้าไปในสัญญาณ จริงโดยตรง กล่าวคือสัญญาณจริงบวกสัญญาณรบกวนเป็นสัญญาณขณะนั้น ทำให้สัญญาณรบกวน มีผลต่อสัญญาณจริงและมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

กระแสไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ หลาย ๆ คนอาจจะคิดว่าไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบสื่อสารโทรคมนาคม เมื่อกล่าวถึงสัญญาณในเชิงประยุกต์ก็ อาจจะจำแนกในหมวดหมู่นี้ได้ การไหลของไฟฟ้ากระแสตรงในวงจรอย่างสม่ำเสมอไม่สามารถส่งข่าวสารได้ แต่เมื่อไรที่ทำการควบคุมกระแสให้เป็นพัลส์โดยการเปิดสวิตช์ กระแสจะลดลงสู่ศูนย์และปิดสวิตช์ กระแสก็จะมีค่าค่าหนึ่ง พัลส์ของกระแสถูกผลิตตามรหัสที่ใช้แทนแต่ละตัวอักษรหรือตัวเลขโดยการรวมของพัลส์ การทำงานของสวิตช์สามารถส่งข้อความใด ๆ ได้ ตัวอย่างที่เห็นได้เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

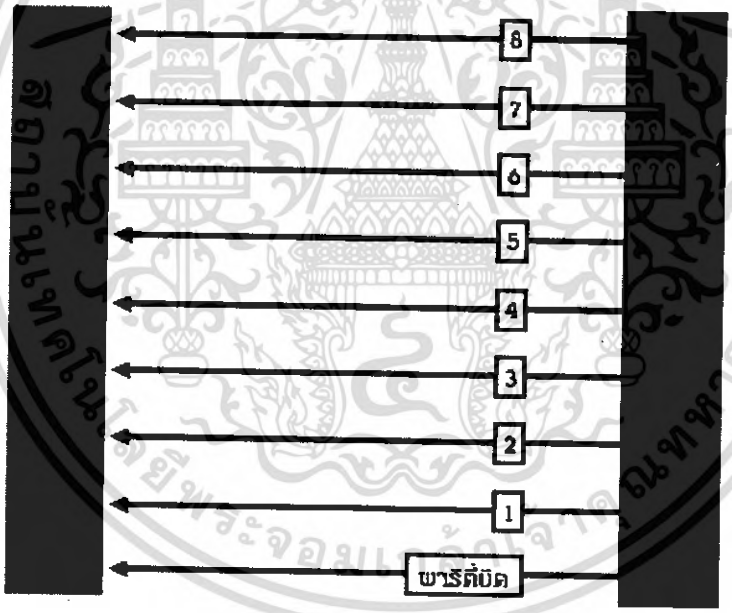
ได้แก่ รหัสมอร์ส เป็นต้น ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับในรูปของคลื่น อยู่ในจำพวกคลื่นวิทยมีการใช้งานอย่างกว้างขวางเป็นที่รู้จักกันดี

2.3.1 ประเภทของการส่งสัญญาณข้อมูล

การส่งสัญญาณข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ การส่งแบบขนานและแบบอนุกรม

1.) การสื่อสารแบบขนาน (Parallel Transmission)

การส่งแบบขนานนั้นจะทำการส่งข้อมูลทีละหลาย ๆ บิต เช่น ส่ง 10011110 ทั้ง 8 บิต ออกไปพร้อมกันโดยผ่านสายส่งข้อมูลที่มี 8 เส้น ส่วนการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละบิตต่อเนื่องกันไป เช่นถ้าข้อมูลคือ 10011110 เลข 0 ทางขวามือสุดเป็นบิตที่ 1 เรียงลำดับไปจนครบ 8 บิต โดยการส่งนั้นจะใช้สายส่งเส้นเดียวเท่านั้น ดังภาพ แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม ตัวอย่างการใช้งานที่เห็นชัดของการส่งข้อมูลแบบขนาน เช่น การต่อเครื่องพิมพ์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งปกติจะใช้สายยาว 5 เมตร ถึง 10 เมตรเท่านั้น และตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เช่นการต่อเทอร์มินัลเข้ากับคอมพิวเตอร์แม่ที่อยู่ห่างกันสัก 100 เมตร ซึ่งทำให้ประหยัดสาย



รูป 2.16 การส่งข้อมูลแบบขนาน

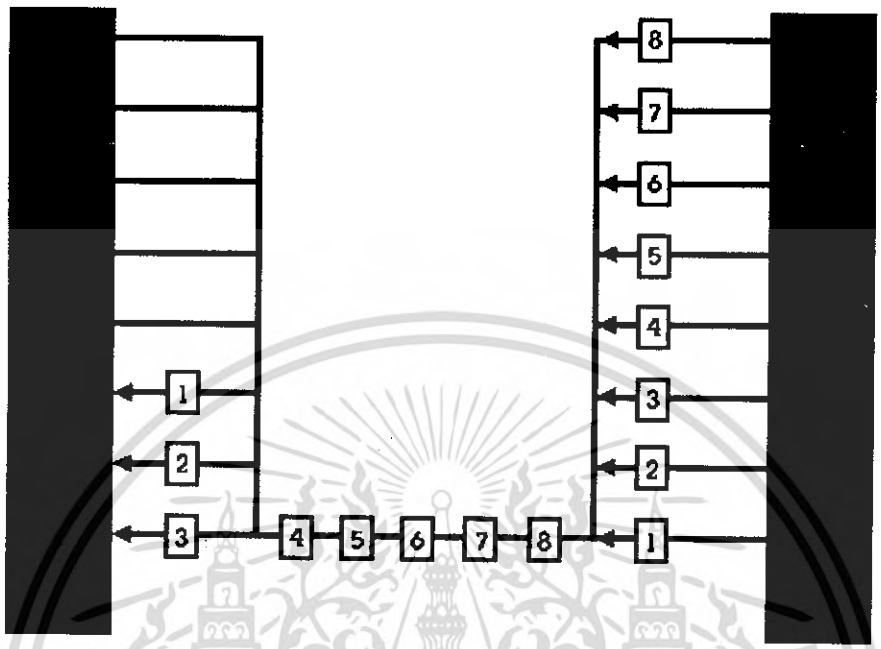
<u>ข้อดี</u> คือ สามารถส่งข้อมูลได้รวดเร็ว เพราะส่งครั้งละ 8 บิท

<u>ข้อเสีย</u> คือ ใช่ส่งแต่เฉพาะใกล้ ๆ เท่านั้น ราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

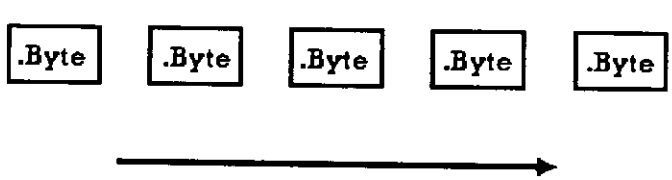
2.) การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Transmission)

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่



รูป 2.17 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2.1) การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส มักจะใช้กับเทอร์มินัลธรรมดา (dumb terminal)ไว้สำหรับรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์แม่และแสดงผลที่จอ โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ การส่งข้อมูลแบบนี้มักจะมีอัตราในการรับส่งข้อมูลที่แน่นอนมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second) เมื่ออุปกรณ์อะซิงโครนัสจะส่งข้อมูล 1 ไบต์ ก็จะส่งบิตเริ่มต้น (start bit) ก่อน ซึ่งมักจะเป็น "0" และตามด้วยข้อมูลทั้ง 8 บิตใน 1 ไบต์ แล้วจึงจะส่งบิตหยุด (stop bit) ซึ่งมักจะเป็น "1" บิต ทั้งหมดนี้ จะรวมกันเป็น 10 บิต ในการส่งข้อมูลเรียงตามลำดับดังนี้ 1 บิตเริ่มต้น 7 บิตข้อมูล (data bit) 1 บิต ภาวะเสมอมูล และ 1 บิตหยุด กระบวนการเหล่านี้จะห่างกัน 1 วินาที ที่จะส่งข้อมูลชุดต่อไป ซึ่งก็หมายถึงว่าเมื่อคอมพิวเตอร์แม่ได้รับบิตเริ่มต้น ก็คาดหวังว่าจะได้รับอีก 9 บิตภายในเวลา 1 วินาที



รูป 2.18 การรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบนี้จะเกี่ยวข้องกับเวลาว่าเมื่อไรบิตต่อไปจะมาถึง ถ้าไม่ตรงตามที่กำหนดไว้ การส่งข้อมูลก็จะล้มเหลว ระบบนี้เหมาะในการส่งอักขระจากเทอร์มินัลมายังคอมพิวเตอร์แม่ทันที เคาะแป้นพิมพ์ของเทอร์มินัลก็จะรู้ทันทีว่าจะต้องส่งไบต์ใดโดยเติมบิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่หัวและท้ายของข้อมูลไบต์นั้น ตามลำดับให้ครบ 10 บิตที่จะส่ง ในการส่งข้อมูลอัตราการส่งข้อมูลอาจจะเป็น 110, 300, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 19,200 บิตต่อวินาที โดยที่ทางด้านส่งและด้านรับจะต้องมีการตั้งค่าความเร็วให้เท่ากัน

2.2) การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส จะไม่ใช้บิตเริ่มต้นและบิตหยุด จะไม่มีการการหยุดชั่วขณะระหว่างอักขระ จะใช้วิธีให้จังหวะเวลาทั้งสองทางที่ติดต่อกัน มีอยู่สองวิธีที่ปฏิบัติคือ ใช้อักขระซิงก์ (sinc character) หรือใช้สัญญาณนาฬิกา (clock signal) การใช้อักขระซิงก์ไว้หน้าบล็อก (block) ของอักขระที่ใหญ่ โดยการใส่อักขระซิงก์ไว้หน้าบล็อกของข้อมูลอักขระซิงก์นี้เป็นบิตจำนวนหนึ่งที่ทางอุปกรณ์เครื่องรับสามารถใช้ในการกำหนดอัตราเร็วของข้อมูลให้ตรงกับทางอุปกรณ์เครื่องส่ง การใช้สัญญาณนาฬิกาของด้านส่งและสัญญาณนาฬิกาของด้านรับ จะใช้คนละสายหรือคนละช่องสัญญาณในการส่งข่าวสารเกี่ยวกับเวลาของข้อมูลที่จะส่ง โดยทั่วไปการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสจะทำงานภายใต้การควบคุมของโปรโตคอลในระบบนั้นๆ และนิยมใช้กับเทอร์มินัลฉลาดและเทอร์มินัลอัจฉริยะ

รูป 2.19 การรับส่งข้อมูล Synchronous

การส่งข้อมูลจะนำข้อมูล 1 ไบท์ มาส่งออกไปตามสายไฟฟ้าเรียงกันไปจนครบ 8 บิท ซึ่งเท่ากับ 1 ตัวอักษร

ข้อดี คือ สามารถส่งได้ระยะทางไกลมากกว่า Parallel Transmission

ข้อเสีย คือ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลมีจำกัด ต้องคำนึงถึงรายละเอียดในการรับส่งข้อมูล

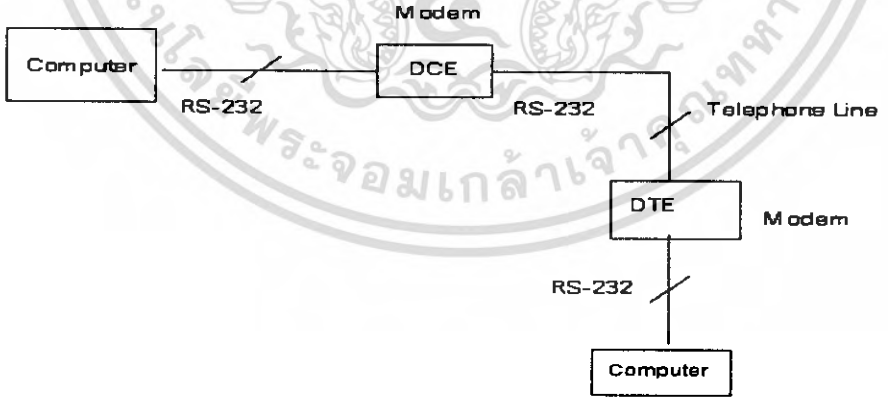
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมาตรฐาน RS-232

โดยปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรรมชื่อว่า RS- 232 อยู่ในตัวมันเองอยู่แล้ว ซึ่งพอร์ต RS-232 นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องมาจาก สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา หรือ EIA (RS-232: Recommended Standard Number 232, EIA: Electronic Industry Association) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232 (ความจริงแล้วมาตรฐานของรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

2.4.1 มาตรฐาน RS-232C

มาตรฐาน RS-232C ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อ ค.ศ 1969 RS ย่อมาจาก Recommended Standard ส่วน 232 คือหมายเลขบ่งบอกมาตรฐานตัวนี้ และ C เป็นหมายเลขฉบับสุดท้ายของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐาน RS-232 ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DCE : Data Communication Equipment) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (DTE : Data Telecommunication Equipment) สำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไป DTE ก็หมายถึง ตัวไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วน DCE หมายถึง โมเด็ม (modem) และอุปกรณ์อื่นๆ เช่นเครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม อาจจะเป็นไปได้ทั้ง DTE และ DCE ซึ่งจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตสำหรับข้อแตกต่างของ DTE และ DCE จะเห็นได้จากรูปที่ 2.17 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่า RS-232C มีส่วนสำคัญอย่างมากสำคัญอย่างมากสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูป 2.20 การใช้มาตรฐาน RS-232เชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดขา RS-232 สำหรับ DB-9

การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (Connector) อนุกรม 9 ขา (DB-9) แสดงในตาราง

ขา	ฟังก์ชั่น
1	Received Line Signal Detect
2	Received Data
3	Transmit Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Ground
6	Data Set Ready
7	Request to Send
8	Clear to Send
9	Ring Indicator

ตาราง 2.2 การกำหนดขาสัญญาณของคอนเน็กเตอร์ (Connector) อนุกรม 9 ขา (DB-9)

คำอธิบายการทำงานของแต่ละขาที่ใช้งานของ DB-9

- Transmit Data (TD) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์พิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอกจิกที่ขานี้มีค่าเท่ากับ"1 หรือเที่ยบเท่า Stop Bit

- Received Data (RD) เป็นทางสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณ รับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพลอจิกเป็น "1

- Request to Send (RTS) ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทาง TD สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS ที่อุปกรณ์รับ หากได้รับ สัญญาณ RTS จะตรวจตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมก็จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

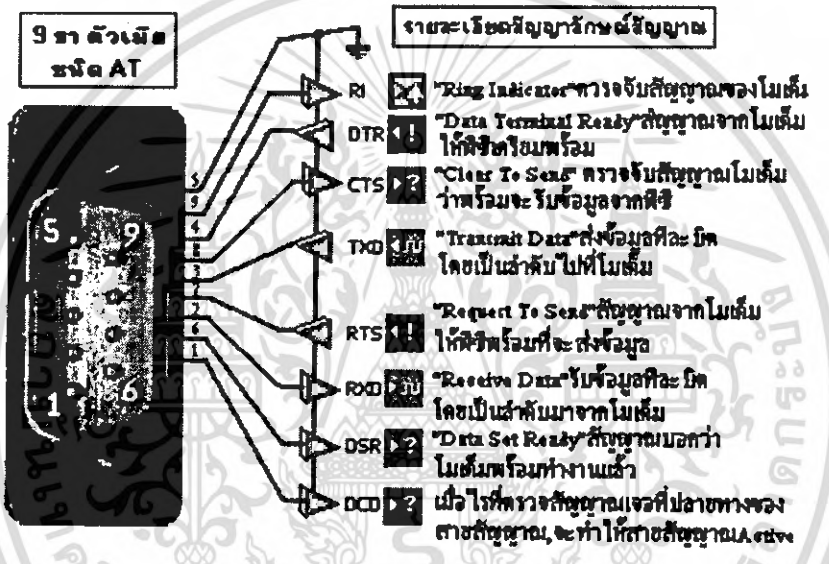
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Clear to Send (CTS) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออฟ (Negative Voltage หรือ ลอจิก"1) หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่า พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว

- Data Set Ready (DSR) เมื่อสายสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะออน (ลอกจิก"0) จะเป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์ว่า พร้อมที่จะส่งได้แล้ว

- Signal Ground (SG) ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆสายสัญญาณจะมีแรงดันเป็น "0 เมื่อเทียบกับสายสัญญาณอื่นๆ

- Data Terminal Ready (DTR) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ออน (ลอจิก"0) เมื่อพร้อมที่จะติดต่อรับส่งข้อมูล



รูป 2.21 แสดง Serial Port 9 ขาตัวเมียชนิด AT ซึ่งมีใช้อยู่ใน Computer PC รุ่นปัจจุบัน

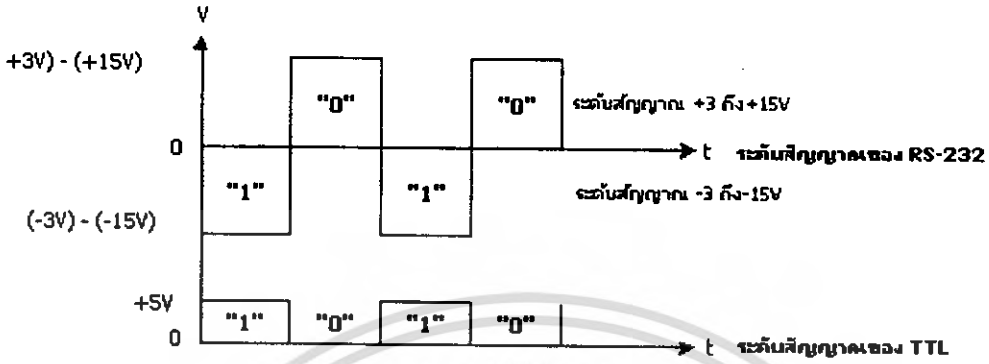
2.4.2 การเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

การกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม EIA RS-232 (x) เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association) ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ อะซิงโครนัส 2 ทิศทาง เพื่อให้มีการใช้งานในการเชื่อมต่อที่สอดคล้องกัน ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ การรับส่งสัญญาณจะกำ หนดความยาวสูงสุดไว้ที่ไม่เกิน 50 ฟุตโดยมีระดับ สัญญาณตั้งแต่ 3 โวลท์ จนถึง 15 โวลท์สำหรับลอจิก "0" และมีระดับแรงดันที่ -3 โวลท์ จนถึง -15 โวลท์ สำหรับลอจิก "1"

ดังนั้นสังเกตได้ว่าจะมีระดับแรงดันที่ใช้ในสถานะลอจิก "0" และ ลอจิก "1" แตกต่างออกไปจากระบบไอซีดิจิตอลทั่วๆไป การต่อใช้งานจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

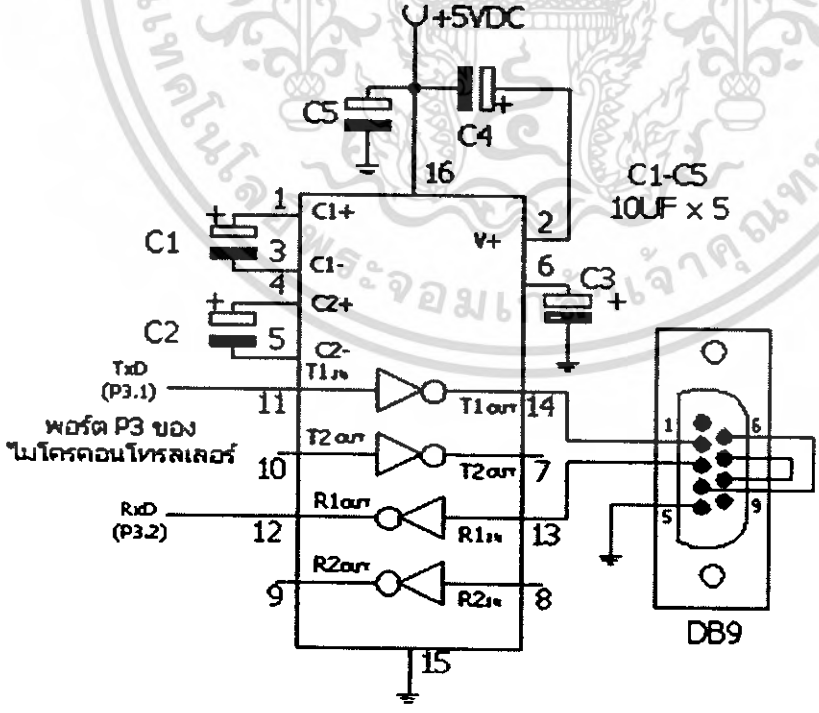
0 - 5 โวลท์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นระดับแรงดันที่สูงกว่า +3 หรือต่ำกว่า - 3 โดยจะมีไอซีสำเร็จรูปพร้อมใช้งาน หรืออาจจะต่อวงจรจากทรานซิสเตอร์ได้



รูป 2.22 แสดงระดับแรงดันสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 กับ TTL ในสถานะลอจิก "1" และ "0"

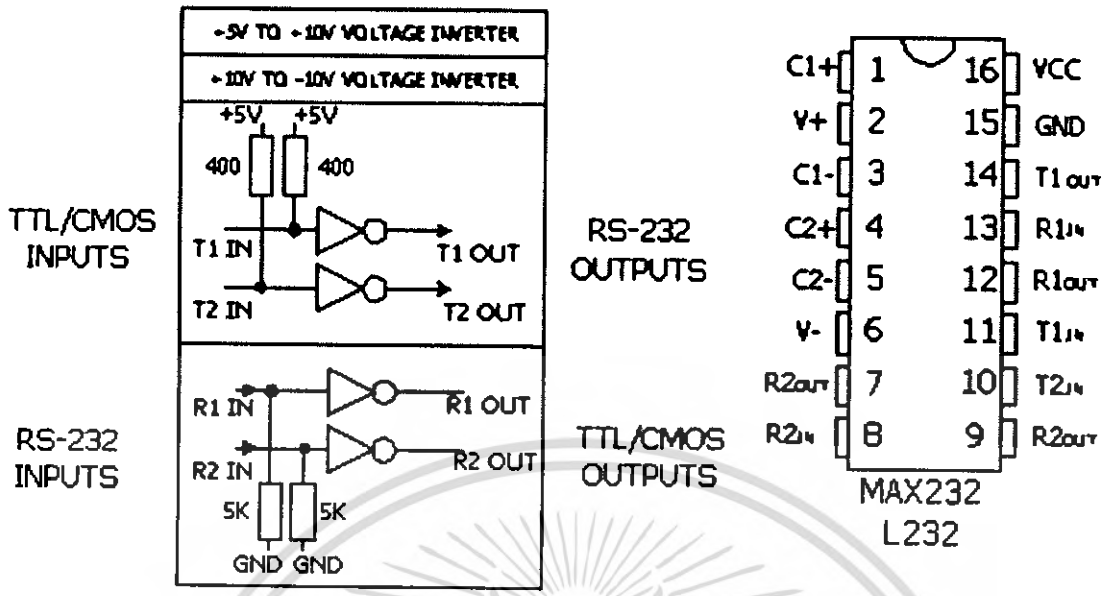
2.4.3 MAX232

MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ไปเป็นระดับของ RS-232 และในทำนองเดียวกันก็รับระดับสัญญาณจาก RS-232เพื่อแปลงเป็นระดับสัญญาณจากระดับ TTL ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้



รูป 2.23 แสดงตำแหน่งขาของไอซี MAX232, L232 และการต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

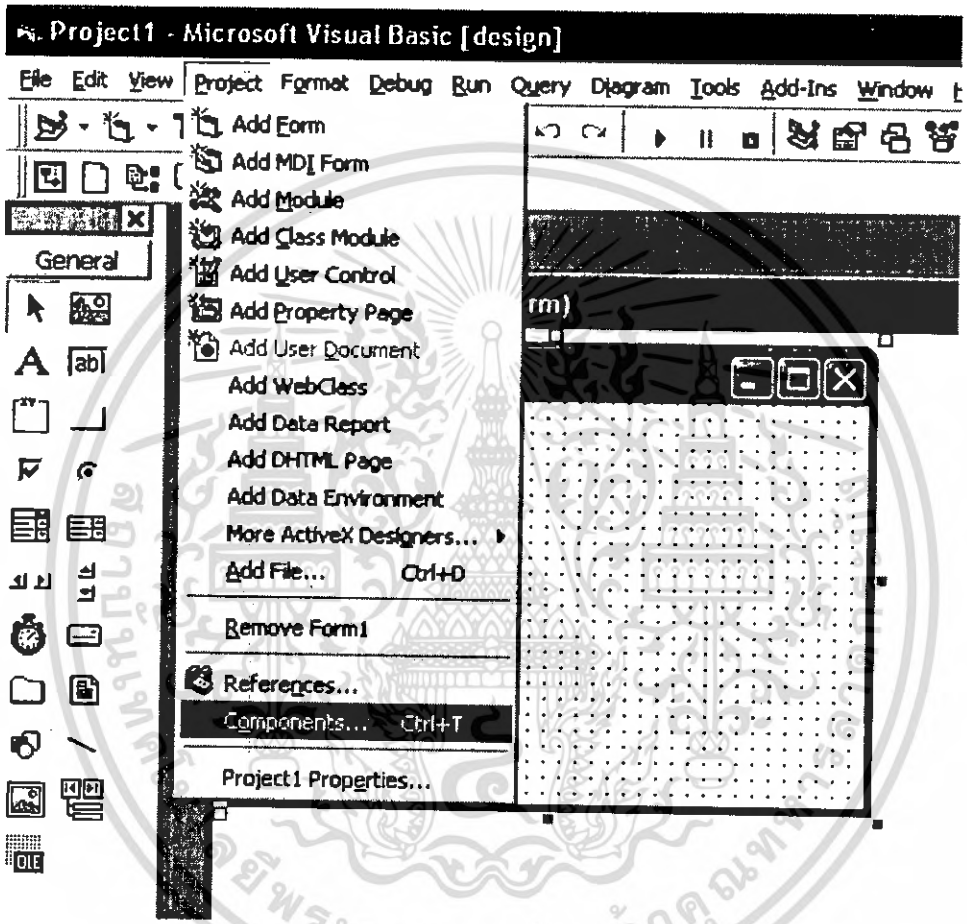


รูป 2.24 แสดงโครงสร้างและการจัดเรียงขาของ MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การอินเตอร์เฟส Serial Port ด้วย Visual Basic

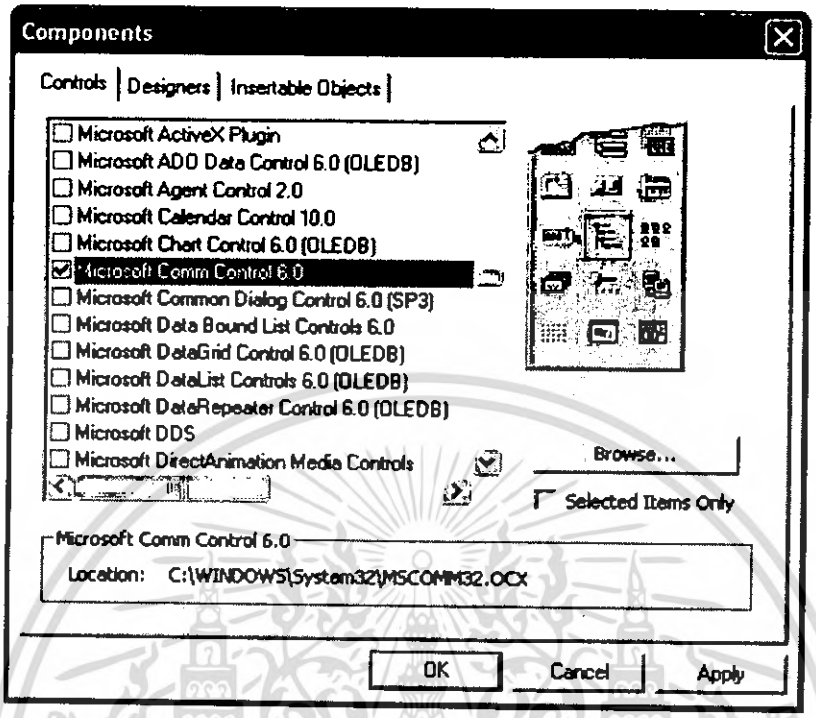
การเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุม Serial Port ด้วย Visual Basic คอนโทรลที่สำคัญในการทำให้ Visual Basic สามารถสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมได้นั้นก็คือคอนโทรล MSComm ในการใช้งานคอนโทรล MSComm นั้นเราจะต้องทำการเพิ่มคอนโทรลนี้เข้าไปใน ToolBox ของโปรแกรม Visual Basic ซึ่งสามารถกระทำได้โดยคลิกที่เมนู Project แล้วเลือก Component ดังรูป



รูป 2.25 การเพิ่มคอนโทรล MSComm เข้าไปใน ToolBox ของโปรแกรม Visual Basic ตอนที่1

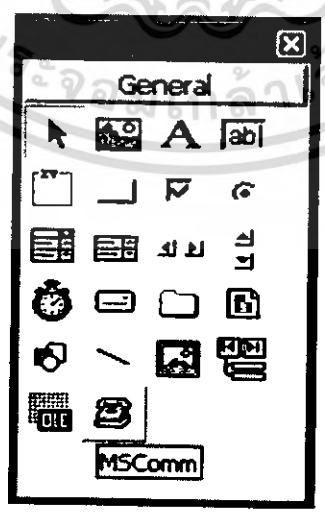
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะปรากฏไดอะล็อก Components ขึ้นมา



รูป 2.26 การเพิ่มคอนโทรล MSComm เข้าไปใน ToolBox ของโปรแกรม Visual Basic ตอนที่ 2

จากนั้นให้คลิกเลือกที่ Microsoft Comm Control6.0 แล้วคลิกที่ปุ่ม OK เมื่อคลิกที่ปุ่ม OK แล้วก็จะปรากฏไอคอนรูปโทรศัพท์เพิ่มเข้ามาใน ToolBox ซึ่งคอนโทรลที่เพิ่มเข้ามานี้เป็นคอนโทรล MSComm ที่เราทำการเพิ่มเข้ามานั่นเองครับ



รูป 2.27 การเพิ่มคอนโทรล MSComm เข้าไปใน ToolBox ของโปรแกรม Visual Basic ตอนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Property ที่สำคัญในการใช้งาน MSComm

- CommPort ใช้ในการกำหนดหมายเลขของพอร์ตอนุกรมที่เราต้องการติดต่อ ตัวอย่างเช่น ถ้าเรากำหนดให้การเขียนโปรแกรมติดต่อกับพอร์ต Com1 จะเขียนเป็น

```
MSComm1.CommPort = 1
```

- Settings ใช้ในการกำหนดอัตรา Baud Rate หรือความเร็วในการส่งข้อมูล มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที, พาริตี้, จำนวนของบิตข้อมูล, จำนวนของบิตปิดท้าย ยกตัวอย่างเช่น เรากำหนดให้มีการเขียนโปรแกรมใช้งานที่ Bsud Rate = 9600 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี้ จำนวนบิดข้อมูลเท่ากับ 8 บิต และมีบิตปิดท้าย 1 บิต

```
MSComm1.Settings = "9600, N, 8, 1
```

- PortOpen ใช้สำหรับเปิดและปิดการใช้งานพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่างเช่น เราจะเปิดใช้งานพอร์ตอนุกรม ให้กำหนดค่า Value เป็น True เขียนโค้ดได้ดังนี้

```
MSComm1.PortOpen = True
```

แต่ถ้าต้องการปิดพอร์ตอนุกรม ให้กำหนดค่า Value เป็น False

```
MSComm1.PortOpen = False
```

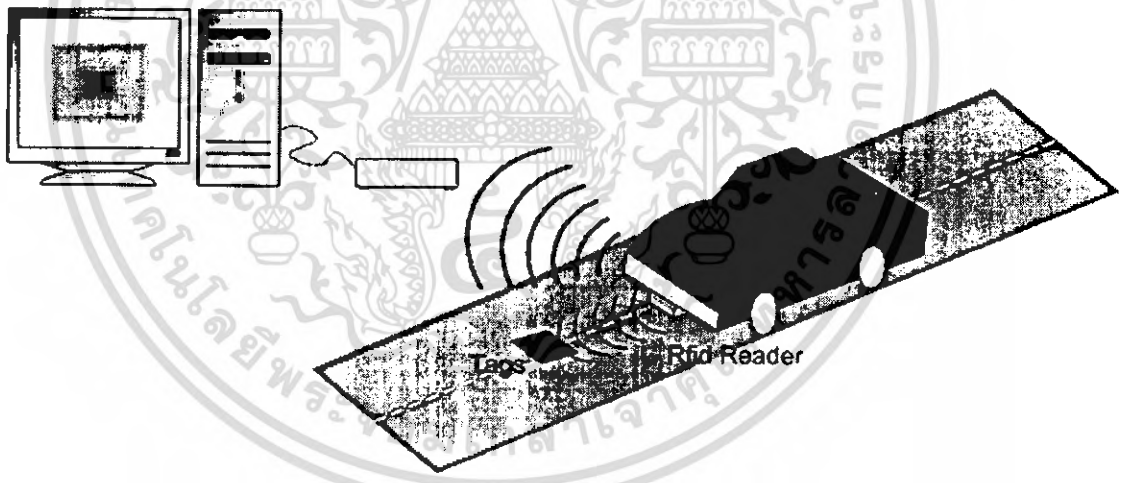
- InBuffersize เป็นการกำหนดขนาดของ Buffer ในการรับข้อมูลเข้ามา
- OutBuffersize เป็นการกำหนดขนาดของ Bufferในการรับข้อมูลเข้ามา
- Inputlen เป็นการกำหนดค่าของข้อมูลที่อ่านจาก Buffer ภาครับ
- InputMode เป็นการกำหนดค่าชนิดของข้อมูลที่รับเข้ามา Input ใช้ในการอ่านค่าข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราอ่านค่าจากบัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรม แล้วนำมาเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อว่า Data จะเขียนโค้ดได้ดังนี้

```
Data = MSComm1.Input
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบวงจร

โครงงานการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีระบบการชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Identification; RFID) มาประยุกต์ใช้ในการคมนาคมขนส่งเพื่อความแม่นยำในการระบุตำแหน่งและเอกลักษณ์ของวัตถุ โดยได้โครงงานนี้ขึ้นเพื่อการวิจัย ซึ่งมีหลักการคือใช้เครื่องอ่าน (reader) ที่มีคลื่นความถี่ต่ำ (125 kHz) ติดไว้กับตัวรถ และติดป้ายชื่อ (tag) ไว้ที่พื้นถนน เมื่อรถวิ่งผ่านะ tag เครื่องอ่านที่ติดไว้กับรถก็จะอ่านสัญญาณจากป้ายชื่อ โดยสัญญาณที่ได้จากป้ายชื่อ จะถูกส่งผ่านไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์และเครื่องส่งคลื่นวิทยุ (RF transmitter) ที่ส่งสัญญาณด้วยความถี่ 315 MHz จากนั้นวงจรภาครับสัญญาณจะนำสัญญาณที่รับจากเครื่องรับคลื่นวิทยุ (RF receiver)ได้ส่งต่อผ่านให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการตรวจสอบข้อมูล แล้วนำส่งต่อไปให้กับคอมพิวเตอร์ผ่าน RS 232 เพื่อส่งไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องใช้การเขียนโปรแกรมช่วยในการเชื่อมต่อและแสดงผลระหว่าง เครื่องอ่านและคอมพิวเตอร์ โดยที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จะแสดง ตำแหน่งของรถได้



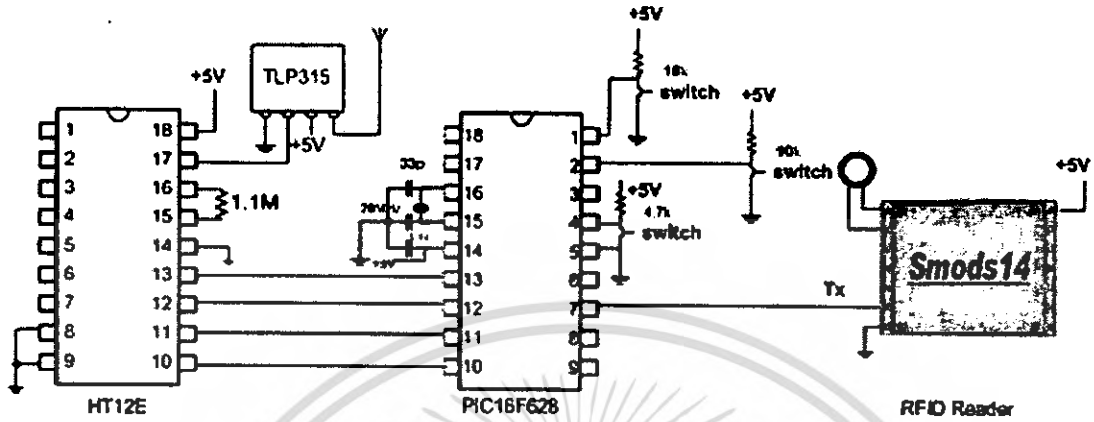
รูป 3.1 แสดงหลักการทำงานของระบบระบุตำแหน่งรถ

หลักการออกแบบวงจร แบ่งออกเป็นส่วนหลักๆ ได้ 2 ส่วนคือ

- ภาคส่งสัญญาณ
- ภาครับสัญญาณและประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 **ภาคส่งสัญญาณ** (ติดตั้งที่ตัวรถ) ทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลจาก RFID Module เพื่อแปลงรหัสที่ได้รับแล้วทำการส่งด้วยคลื่นความถี่วิทยุผ่านอากาศ ส่งไปยังภาครับสัญญาณ สามารถแสดงวงจรได้ดังรูปที่ 3.1

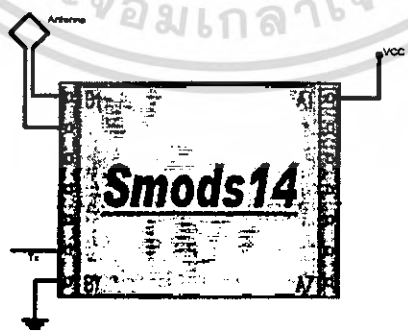


รูป 3.2 วงจรภาคส่งสัญญาณ

ภาคส่งสัญญาณประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

- RFID System ที่ความถี่ 125 kHz ภายในประกอบด้วย Tags และ Reader โดยจะทำหน้าที่หลักของเครื่องอ่านก็คือการเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลจากแท็กส์ ด้วยคลื่นวิทยุ ความถี่ที่สร้างขึ้นมีขนาดเท่ากับความถี่ที่ Tags สามารถตอบสนองได้ โดยอาศัยทฤษฎีหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้า เมื่อคลื่นสัญญาณกระทบ Tags เพื่อให้ Tags ส่งข้อมูลของตัวเองกลับมายังเครื่องอ่านจากนั้นจะแปลงสัญญาณที่ได้รับให้อยู่ในรูปดิจิตอล

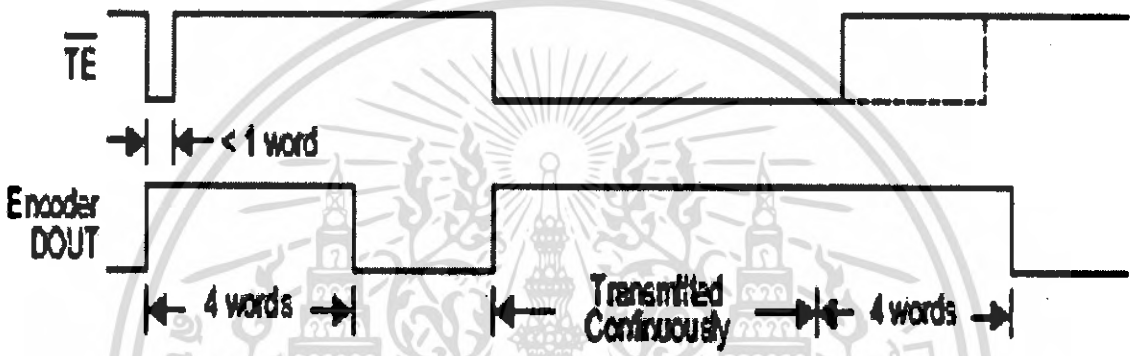
โดยจะต่อ Antenna ที่ขา IO0 และ IO1 จะมีการส่งข้อมูลเป็นรหัส ASCII จำนวน 12 Byte ออกทางขา Tx เพื่อใช้ประมวลผลทางคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูป 3.3 วงจร Reader RFID Module

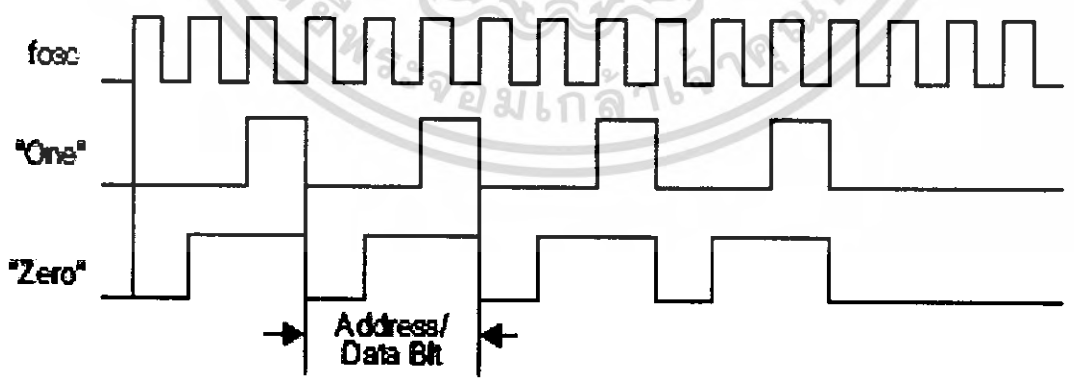
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Microcontroller PIC16F628 ทำการรับข้อมูลซึ่งเป็นรหัส ASCII 12 Byte จากขา Tx ของ RFID Module เข้ามาที่ขา Rx (Serial Port) ของ Microcontroller เพื่อทำการประมวลผลและแปลงข้อมูลแล้วส่งไปยัง RF Module
- วงจรเข้ารหัสสัญญาณ ใช้ IC เบอร์ HT12E ทำหน้าที่เข้ารหัส 8 bit 4 Data โดยขา A0-A7 เป็น bit address เพื่อกำหนด address ให้ HT12E และ ขา AD8-AD11 เป็น bit data เอาไว้ใช้ในการรับข้อมูลที่มาจาก PIC16F628 กำหนดให้ขาTE (Transmit Enable) เป็น Low เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้ HT12E จะทำการส่งสัญญาณอนุกรมอย่างต่อเนื่องในขณะที่ขา TE เป็น Low ดังรูป



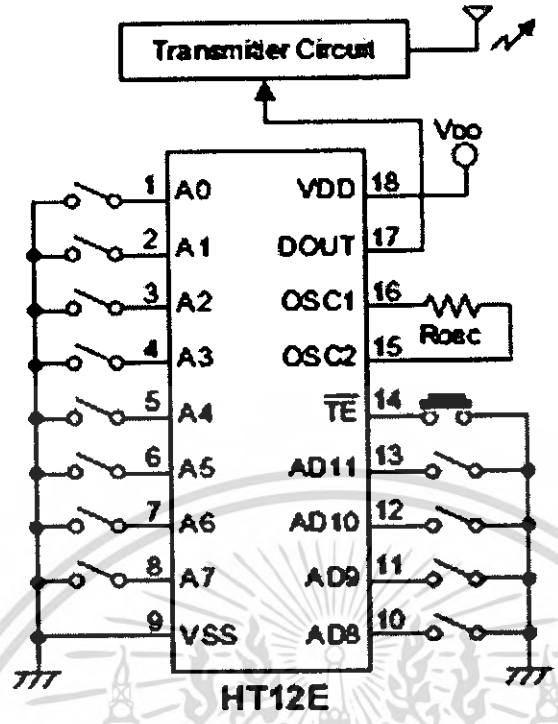
รูปที่ 3.4 Timing Diagram

ในการส่งแต่ละครั้งขา Address/Data Bit จะถูกเข้ารหัสให้เป็นพัลส์ ดังรูปที่3.4 เมื่อขา TE เป็น low ก็จะเริ่มทำการส่งสัญญาณ ข้อมูลจะถูกส่งแบบอนุกรมผ่านทางขา Dout ไปยัง RF Module



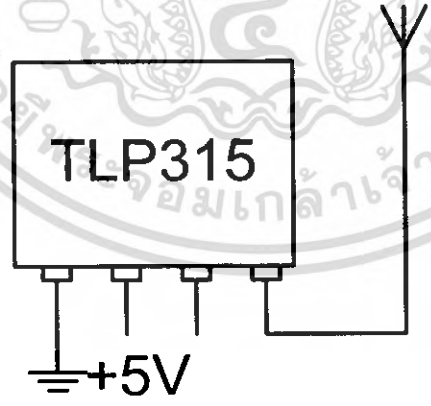
รูปที่ 3.5 Encoder Data Waveform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจร Encoder

- RF Module เบอร์ TLP – 315A เป็นตัวส่งสัญญาณที่ได้รับจาก Microcontroller ออกไปด้วยคลื่นวิทยุความถี่ 315 MHz โดยเป็นการมอดดูเลทสัญญาณแบบ ASK (Amplitude Shift Keying)

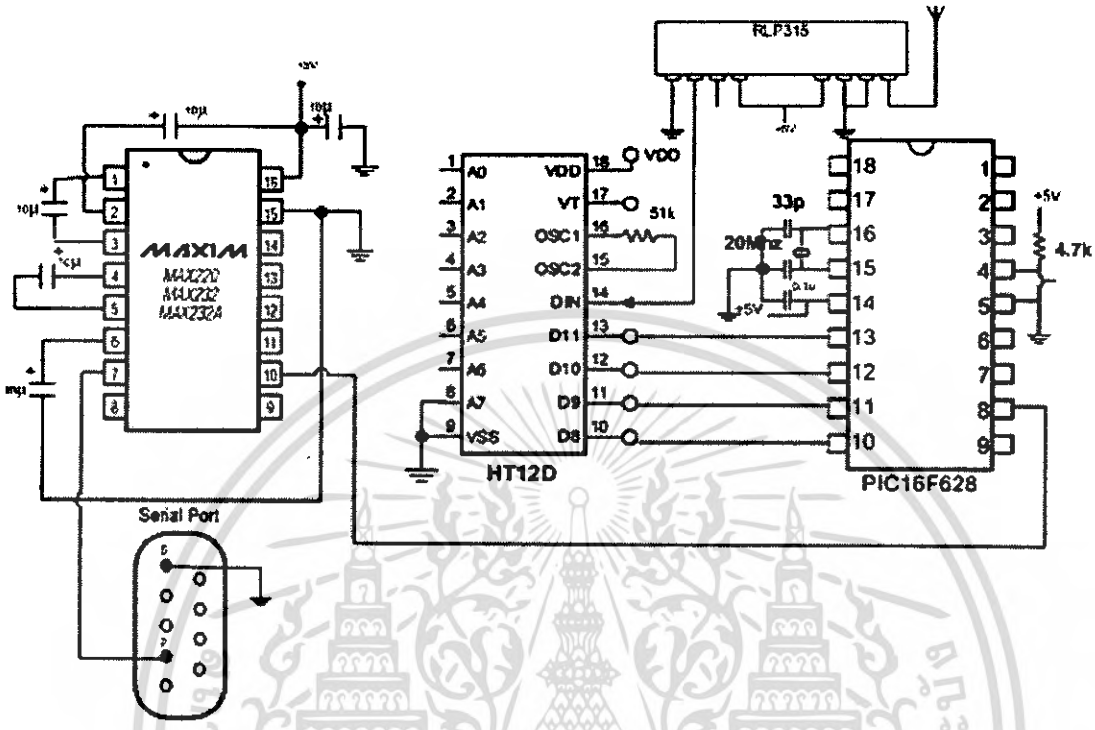


รูป 3.7 วงจร RF Transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ภาครับสัญญาณและประมวลผล

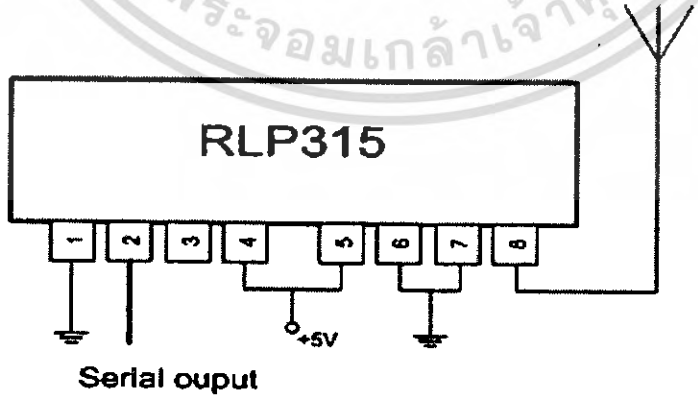
ภาครับสัญญาณและประมวลผลทำหน้าที่รับข้อมูลที่ได้จากภาคส่งสัญญาณมาทำการประมวลผลเพื่อแสดงผลในคอมพิวเตอร์



รูป 3.8 วงจรภาครับสัญญาณ

ภาครับสัญญาณประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

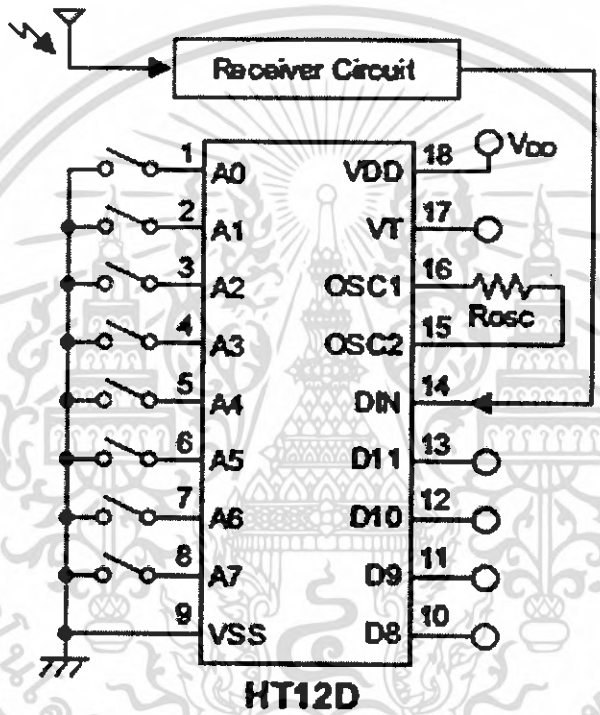
- RF Module RLP – 315A ทำการรับคลื่นวิทยุความถี่ 315 MHz ที่ส่งมาจาก TLP – 315A แล้วทำการ Demodulation สัญญาณที่ได้แล้วส่ง Data ออกทางขา DOUT ไปยัง Microcontroller เพื่อนำข้อมูลที่รับได้ไปประมวลผลต่อไป



รูป 3.9 วงจร RF Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

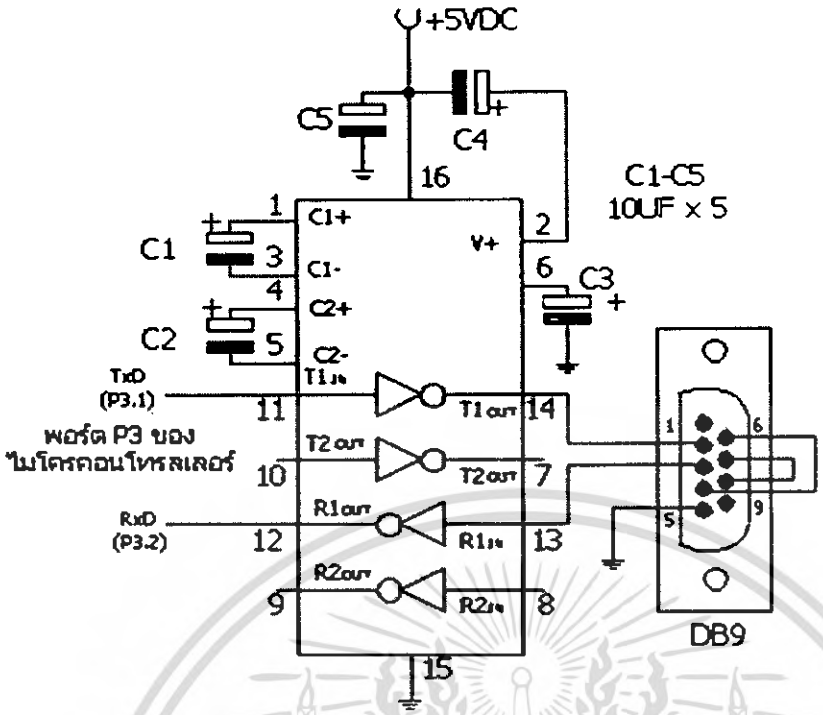
- วงจรถอดรหัสสัญญาณ ใช้ IC Decoder เบอร์ HT12D ทำการรับข้อมูลอนุกรมจาก Encoder และทำการถอดรหัสข้อมูลออกมา ข้อมูลที่ถูกส่งมานั้นจะถูกตรวจสอบว่า address ที่ได้รับนั้นตรงกับ local address หรือไม่ ถ้า address ตรงกัน ข้อมูลจะถูกส่งไปยัง data output (ขา D8-D11) และยังคงค้างอยู่จนกว่าข้อมูลชุดใหม่จะส่งเข้ามาแทนที่ ขณะเดียวกันขา VT(Valid Transmission Output) จะเป็น high และยังคงเป็นhigh จนกระทั่งเกิดความผิดพลาดขึ้นในการรับ หรือจนกระทั่งไม่ได้รับสัญญานอินพุท ส่วนขาA0 – A7 ซึ่งเป็น bit address เป็นตัวกำหนด local addressให้ HT12D โดยวงจร Decoder แสดงได้ตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.10 วงจร Decoder

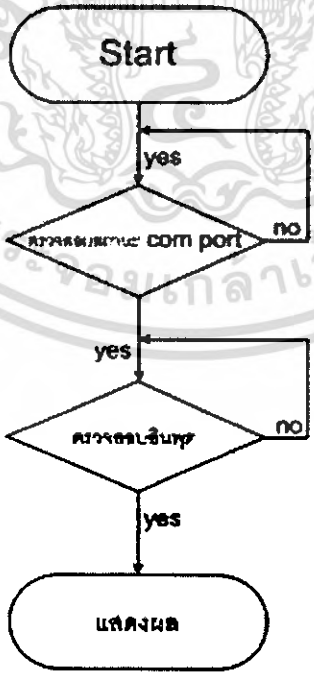
- Microcontroller PIC16F628 ทำการรับสัญญาณอนุกรมจาก RLP-434A แปลงข้อมูลพร้อมที่จะประมวลบนคอมพิวเตอร์เพื่อจะส่งข้อมูลไปประมวลผลต่อไป
- MAX232 เป็นไอซีที่แปลงระดับสัญญาณจากระดับ TTL ที่ได้รับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปเป็นระดับของ RS-232 สามารถแสดงการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232

- Visual Basic 6 เป็นการเขียนโปรแกรมบน Computer เพื่อแสดงผลแผนที่และสามารถระบุตำแหน่งที่อยู่ของรถ ณ เวลานั้นได้



รูป 3.12 Flow Chart แสดงการทำงานของวิชวลเบสิค6 ในการประมวลผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

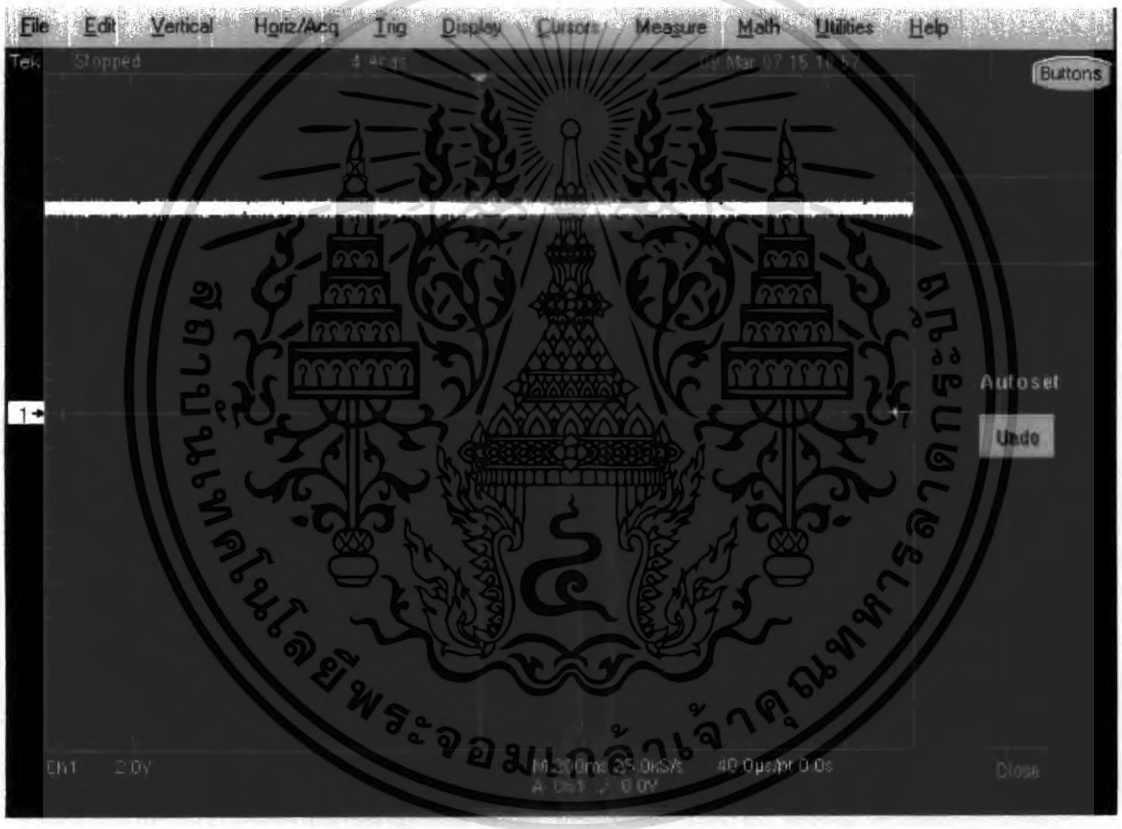
ผลการทดลอง

- ระยะห่างสูงสุดที่ Reader สามารถอ่าน Tags ได้

เมื่อ Tags อยู่ในตำแหน่งด้านบนหรือล่าง Antenna ของ Reader จะได้ระยะประมาณ 4-5 ซม.

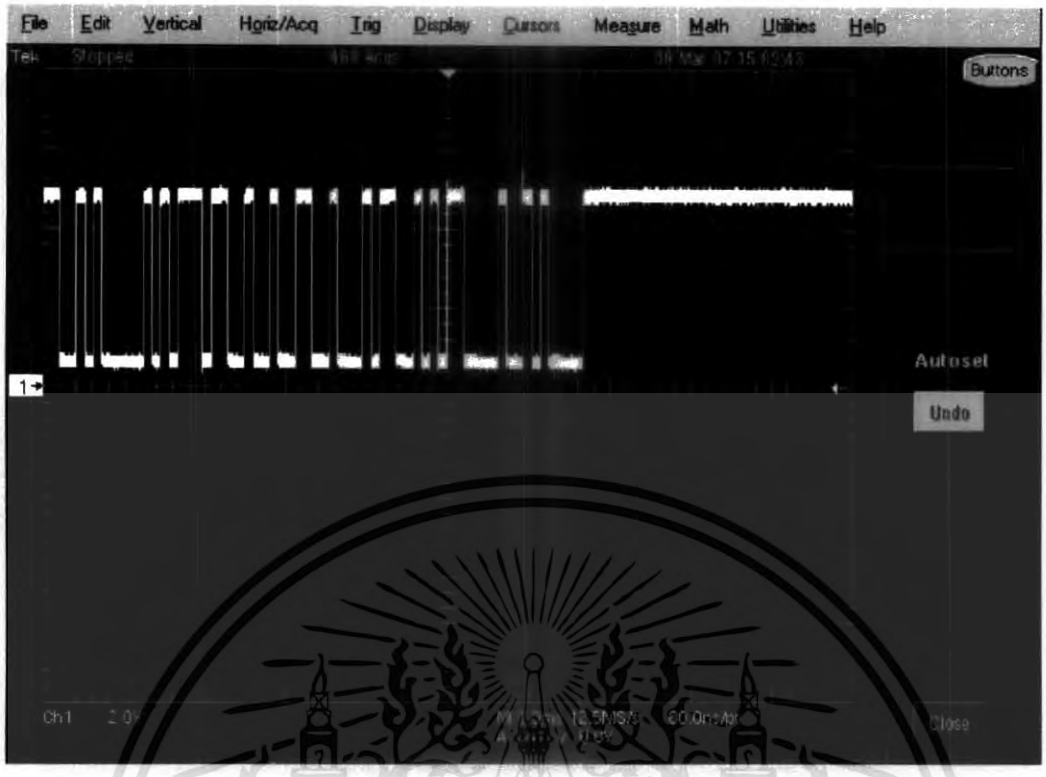
เมื่อ Tags อยู่ในตำแหน่งด้านข้าง Antenna ของ Reader จะได้ระยะประมาณ 5 ซม.

- ระยะในการส่งและรับสัญญาณของชุดรับ/ส่งวิทยุ ประมาณ 10 เมตร
- วัดสัญญาณที่ขาต่างๆได้ดังนี้



รูป 4.1 กรณีที่ RFID ยังไม่ได้รับข้อมูลจาก Tag

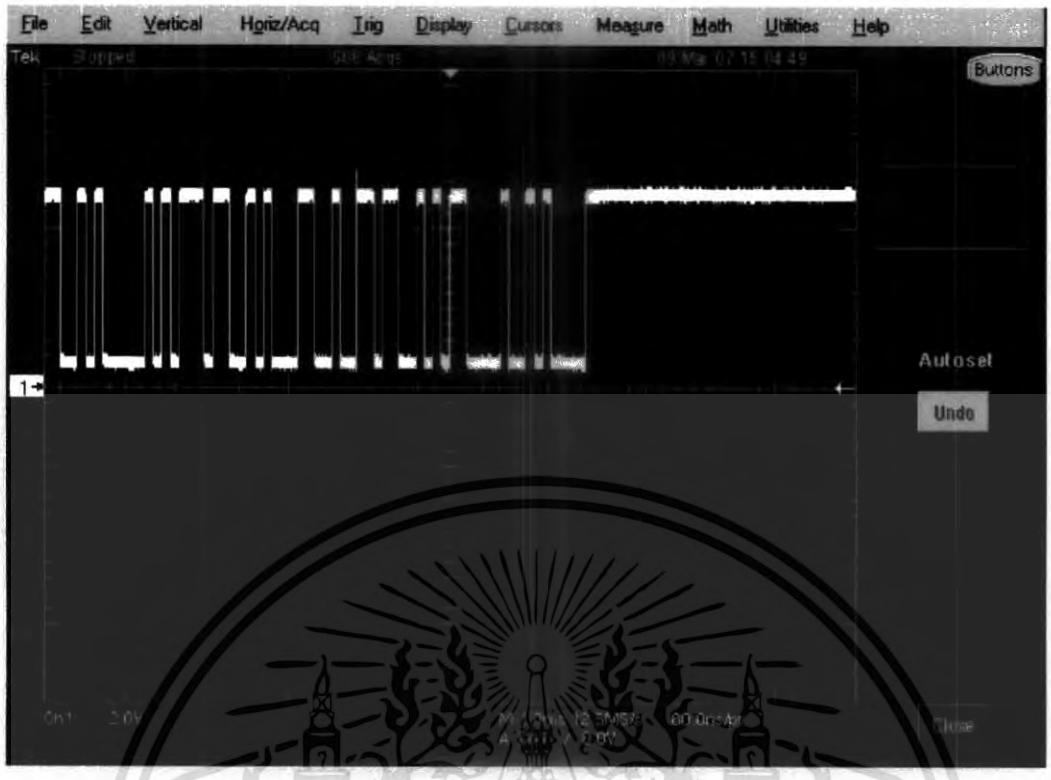
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 4

รูป 4.3 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 5

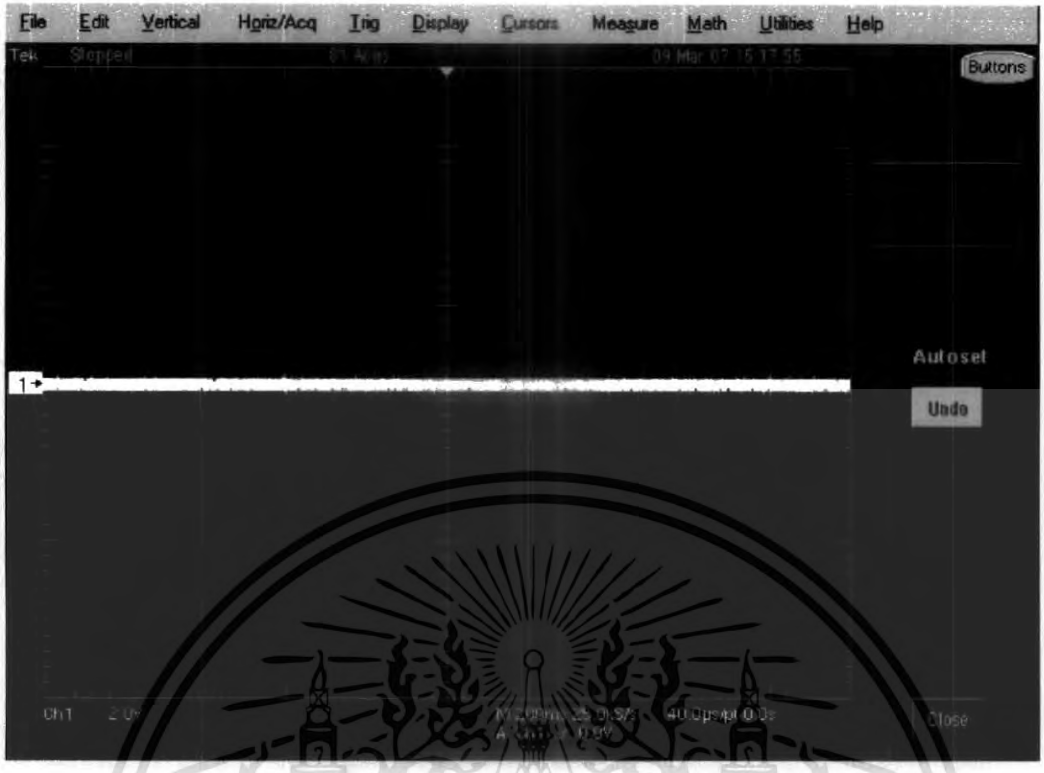
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 6

รูปที่ 4.5 กรณีที่ RFID ได้รับข้อมูลจาก Tag หมายเลข 7

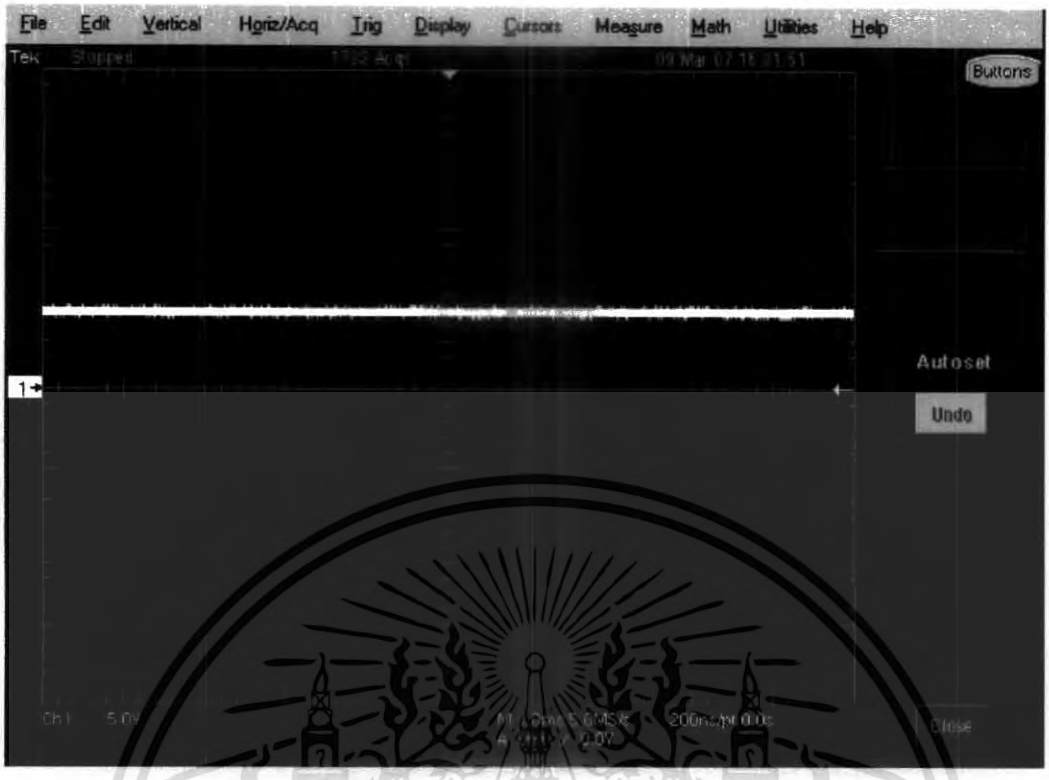
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.6 สถานะ Logic 0

รูป 4.7 สถานะ Logic 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.8 สัญญาณที่ Max 232 ได้รับจาก PIC 16F628 ที่ขา Tin

รูป 4.9 สัญญาณที่ Max 232 ส่งผ่าน Serial Port ที่ขา Tout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดลองวัดค่าลอจิกที่ขา RB4-RB7 ของ Encoder/Decoder ได้ค่าดังตาราง

หมายเลข Tags	Encoder	Decoder
1	0001	0001
2	0010	0010
3	0011	0011
4	0100	0100
5	0101	0101
6	0110	0110
7	0111	0111
8	1000	1000
9	1001	1001
A	1010	1010
B	1011	1011
C	1100	1100
D	1101	1101
E	1110	1110
F	1111	1111

ตาราง 4.1 ผลการทดลองวัดค่าลอจิกที่ขา RB4-RB7 ของ Encoder/Decoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

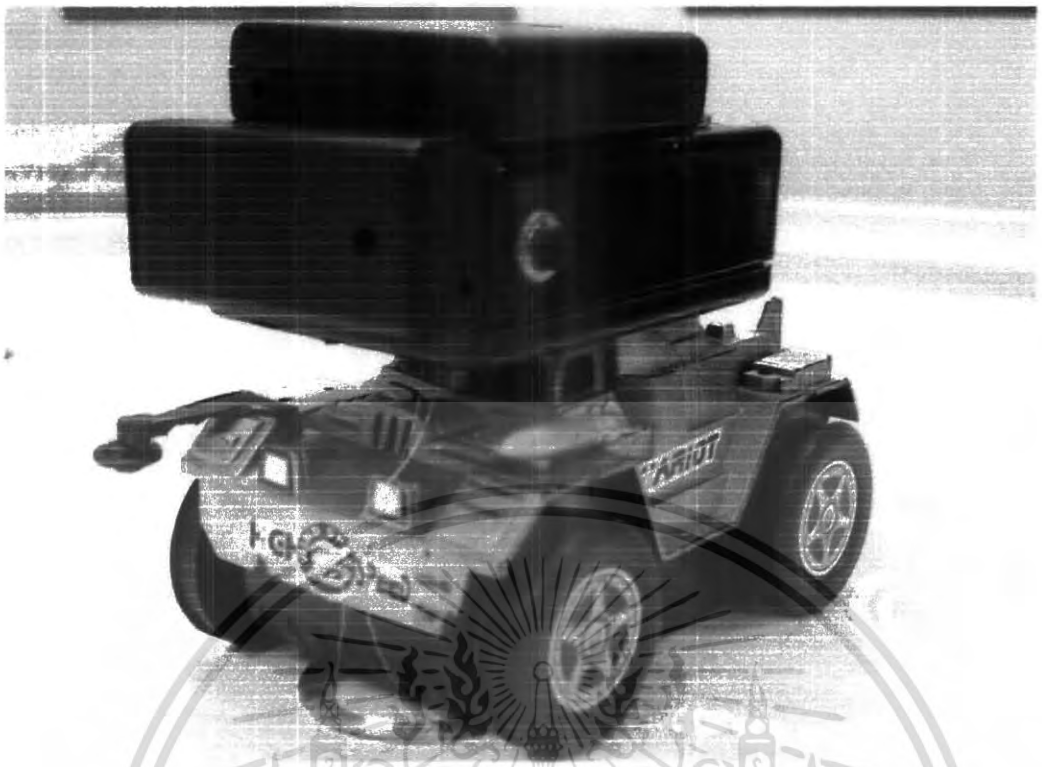
- การทดลองอ่านข้อมูลที่ส่งเข้าคอมพิวเตอร์ โดย Hyper Terminal ของ Tags หมายเลข 1- 14

รูป 4.10 ทดลองอ่านข้อมูลที่ส่งเข้าคอมพิวเตอร์ โดย Hyper Terminal ของ Tags หมายเลข 1- F

- การทดลองและผลการทดลองของการเขียนโปรแกรมประมวลผล โดยใช้ Visual basic 6 จากการทดลองเขียนโปรแกรมประมวลผลข้อมูลที่ได้รับเข้ามาทาง Com Port เพื่อนำมาแสดงผล โดยใช้วิชวลเบสิก 6 สามารถทำงานได้ถูกต้อง จากนั้น ได้ทดลองจำลองหน้าตาของงานจริงที่คิดว่าจะนำไปใช้งานจริงดังรูป

รูป 4.11 การแสดงผลของคอมพิวเตอร์

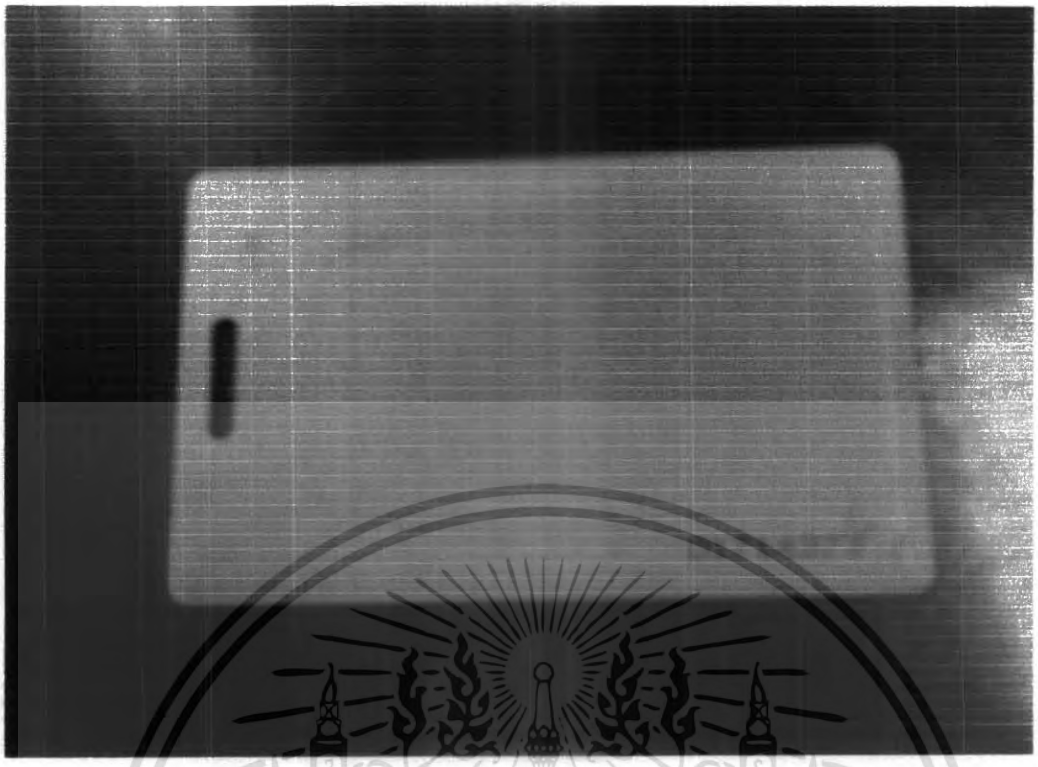
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.12 รถที่ใช้ในการทดลอง

รูป 4.13 ตัวรับสัญญาณวิทยุเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.14 Tag ที่ใช้ในการทดลอง

รูป 4.15 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

ในปริญญานิพนธ์ได้รายงานการออกแบบสร้างระบบระบุตำแหน่งรถ ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนแรกคือส่วนของการรับส่งข้อมูลมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถใช้งานได้ดีและสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้อง แต่เนื่องจากระยะการรับส่งข้อมูลของระบบ RFID ยังน้อยมากจึงควรใช้ RFID ในย่านความถี่ที่สูงเพื่อเพิ่มระยะของการรับส่งของข้อมูลให้มากขึ้นและในส่วนของการรับส่งข้อมูลผ่านทางย่านความถี่วิทยุระยะในการรับส่งสัญญาณสั้น ในการพัฒนาระบบควรเปลี่ยนตัวอุปกรณ์ที่ใช้รับส่งสัญญาณดังกล่าว

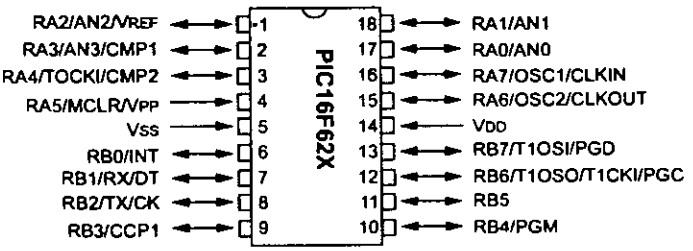
ส่วนของการประมวลผลด้วยวิชวลเบสิก 6 ในคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาประมวลผล สามารถใช้งานได้ดีและถูกต้อง

โครงงานนี้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาระบบ Logistic ต่อไปได้ในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยงานต่างๆ

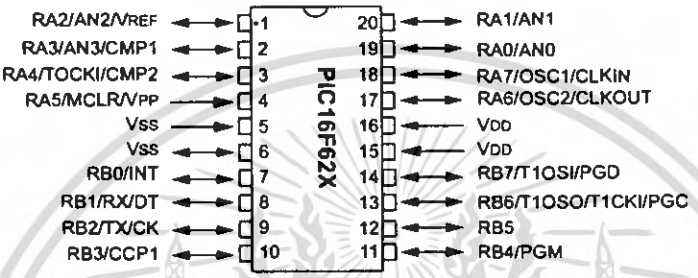
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Diagrams

PDIP, SOIC



SSOP



Device Differences

Device	Voltage Range	Oscillator	Process Technology (Microns)
PIC16F627	3.0 - 5.5	(Note 1)	0.7
PIC16F628	3.0 - 5.5	(Note 1)	0.7
PIC16LF627	2.0 - 5.5	(Note 1)	0.7
PIC16LF628	2.0 - 5.5	(Note 1)	0.7

Note 1: If you change from this device to another device, please verify oscillator characteristics in your application.

 © 2003 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 12-4: BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 0)

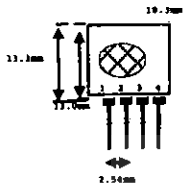
BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz		SPBRG value (decimal)	16 MHz		SPBRG value (decimal)	10 MHz		SPBRG value (decimal)
	KBAUD	ERROR		KBAUD	ERROR		KBAUD	ERROR	
0.3	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
1.2	1.221	+1.73%	255	1.202	+0.16%	207	1.202	+0.16%	129
2.4	2.404	+0.16%	129	2.404	+0.16%	103	2.404	+0.16%	64
9.6	9.469	-1.36%	32	9.615	+0.16%	25	9.766	+1.73%	15
19.2	19.53	+1.73%	15	19.23	+0.16%	12	19.53	+1.73V	7
76.8	78.13	+1.73%	3	83.33	+8.51%	2	78.13	+1.73%	1
96	104.2	+8.51%	2	NA	—	—	NA	—	—
300	312.5	+4.17%	0	NA	—	—	NA	—	—
500	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
HIGH	312.5	—	0	250	—	0	156.3	—	0
LOW	1.221	—	255	0.977	—	255	0.6104	—	255

BAUD RATE (K)	Fosc = 7.15909 MHz		SPBRG value (decimal)	5.0688 MHz		SPBRG value (decimal)	4 MHz		SPBRG value (decimal)
	KBAUD	ERROR		KBAUD	ERROR		KBAUD	ERROR	
0.3	NA	—	—	0.31	+3.13%	255	0.3005	-0.17%	207
1.2	1.203	+0.23%	92	1.2	0	65	1.202	+1.67%	51
2.4	2.380	-0.83%	46	2.4	0	32	2.404	+1.67%	25
9.6	9.322	-2.90%	11	9.9	+3.13%	7	NA	—	—
19.2	18.64	-2.90%	5	19.8	+3.13%	3	NA	—	—
76.8	NA	—	—	79.2	+3.13%	0	NA	—	—
96	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
300	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
500	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
HIGH	111.9	—	0	79.2	—	0	62.500	—	0
LOW	0.437	—	255	0.3094	—	255	3.906	—	255

BAUD RATE (K)	Fosc = 3.579545 MHz		SPBRG value (decimal)	1 MHz		SPBRG value (decimal)	32.768 MHz		SPBRG value (decimal)
	KBAUD	ERROR		KBAUD	ERROR		KBAUD	ERROR	
0.3	0.301	+0.23%	185	0.300	+0.16%	51	0.256	-14.67%	1
1.2	1.190	-0.83%	46	1.202	+0.16%	12	NA	—	—
2.4	2.432	+1.32%	22	2.232	-6.99%	6	NA	—	—
9.6	9.322	-2.90%	5	NA	—	—	NA	—	—
19.2	18.64	-2.90%	2	NA	—	—	NA	—	—
76.8	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
96	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
300	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
500	NA	—	—	NA	—	—	NA	—	—
HIGH	55.93	—	0	15.63	—	0	0.512	—	0
LOW	0.2185	—	255	0.0610	—	255	0.0020	—	255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TLP434A Ultra Small Transmitter



pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

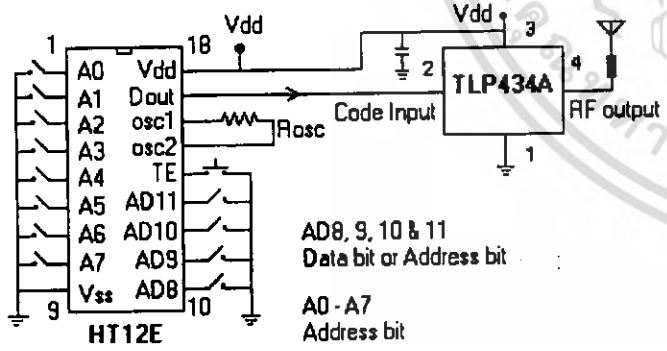
Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK
Dperation Voltage : 2 - 12 VDC

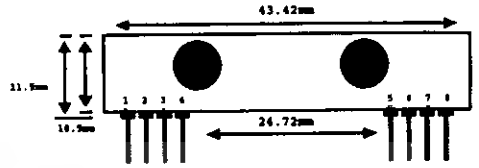
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz 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)

Application Circuit :
Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



RLP434A SAW Based Receiver



pin 1 : Gnd
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : Linear Output /Test
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : Gnd
pin 7 : Gnd
pin 8 : Antenna

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

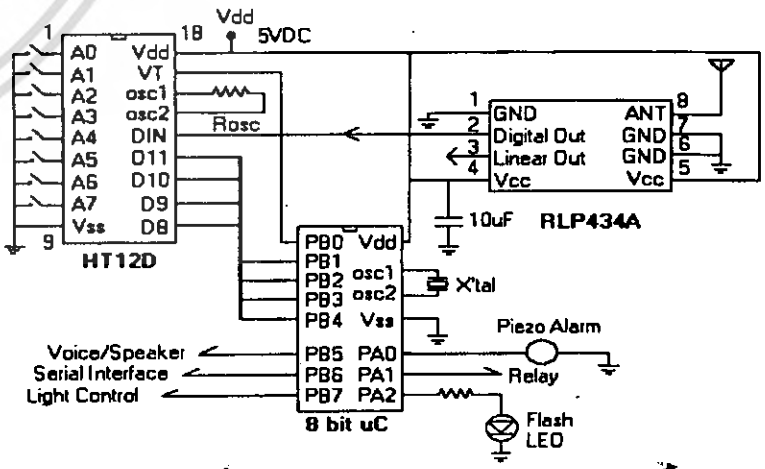
Modulation : ASK
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC
Output : Digital & Linear

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

Application Circuit :
Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



Laipac Technology, Inc.
105 West Beaver Creek Rd. Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)763-1737 e-Mail: info@laipac.com

LAIPAC TECH

HT12A/HT12E
2^{12} Series of Encoders

Features

- Operating voltage
  - 2.4V~5V for the HT12A
  - 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1μA (typ.) at V_{DD}=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word
  - Four words for the HT12E
  - One word for the HT12A
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- HT12A/E: 18-pin DIP/20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2^{12} encoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are capable of encoding information which consists of N address bits and 12-N data bits. Each address/data input can be set to one of the two logic states. The programmed addresses/data are transmitted together with the header bits via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a $\overline{TE}$ trigger on the HT12E or a DATA trigger on the HT12A further enhances the application flexibility of the 2^{12} series of encoders. The HT12A additionally provides a 38kHz carrier for infrared systems.

Selection Table

Function / Part No.	Address No.	Address/ Data No.	Data No.	Oscillator	Trigger	Package	Carrier Output	Negative Polarity
HT12A	8	0	4	455kHz resonator	D8~D11	18 DIP 20 SOP	38kHz	No
HT12E	8	4	0	RC oscillator	$\overline{TE}$	18 DIP 20 SOP	No	No

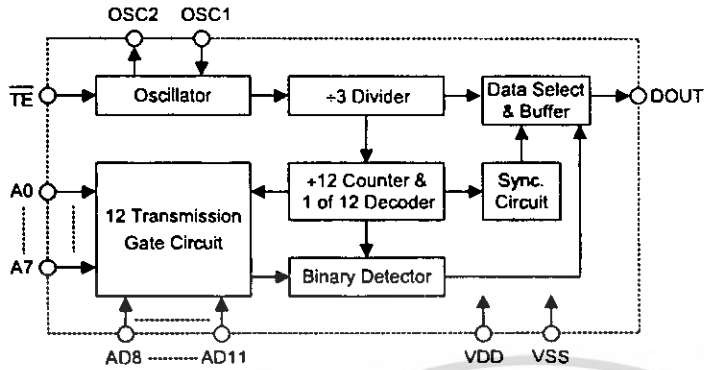
Note: Address/Data represents pins that can be address or data according to the decoder requirement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

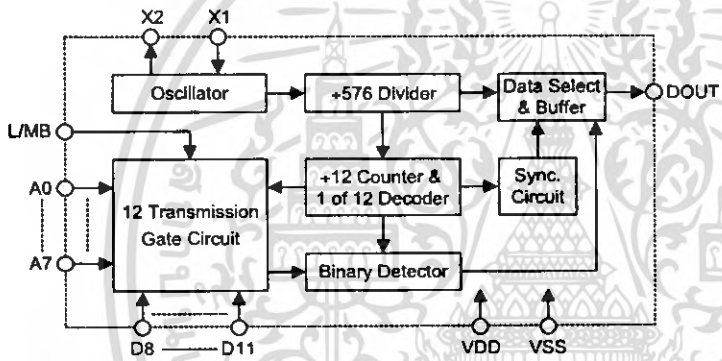
$\overline{TE}$ trigger

HT12E



DATA trigger

HT12A

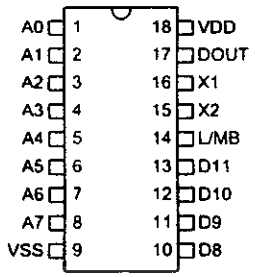


Note: The address data pins are available in various combinations (refer to the address/data table).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

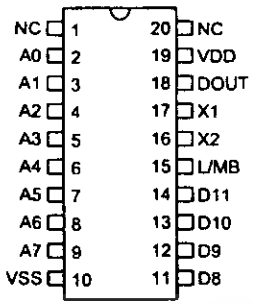
Pin Assignment

8-Address 4-Data



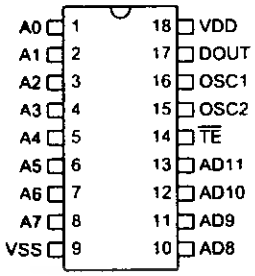
HT12A
– 18 DIP

8-Address 4-Data



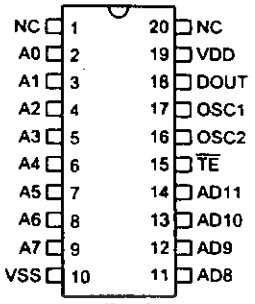
HT12A
– 20 SOP

8-Address 4-Address/Data



HT12E
– 18 DIP

8-Address 4-Address/Data



HT12E
– 20 SOP

Pin Description

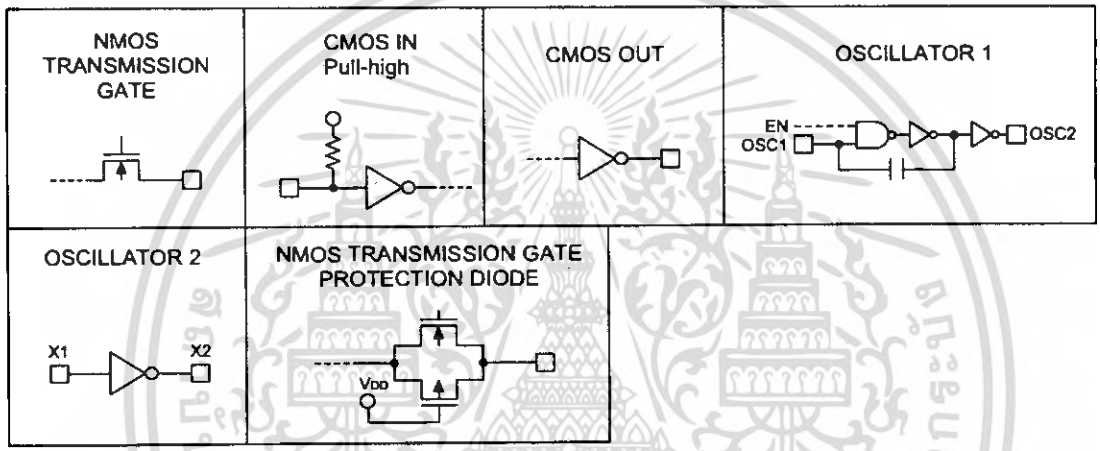
Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A7	I	CMOS IN Pull-high (HT12A) NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open
AD8~AD11	I	NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address/data AD8~AD11 setting These pins can be externally set to VSS or left open
D8~D11	I	CMOS IN Pull-high	Input pins for data D8~D11 setting and transmission enable, active low These pins should be externally set to VSS or left open (see Note)
DOUT	O	CMOS OUT	Encoder data serial transmission output
L/MB	I	CMOS IN Pull-high	Latch/Momentary transmission format selection pin: Latch: Floating or VDD Momentary: VSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
$\overline{TE}$	I	CMOS IN Pull-high	Transmission enable, active low (see Note)
OSC1	I	OSCILLATOR 1	Oscillator input pin
OSC2	O	OSCILLATOR 1	Oscillator output pin
X1	I	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator input
X2	O	OSCILLATOR 2	455kHz resonator oscillator output
VSS	I	—	Negative power supply, grounds
VDD	I	—	Positive power supply

Note: D8~D11 are all data input and transmission enable pins of the HT12A.
$\overline{TE}$ is a transmission enable pin of the HT12E.

Approximate internal connections



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (HT12A) .....–0.3V to 5.5V
Supply Voltage (HT12E) .....–0.3V to 13V
Input Voltage.....V_{SS}–0.3 to V_{DD}+0.3V
Storage Temperature.....–50°C to 125°C
Operating Temperature.....–20°C to 75°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

HT12A Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	3	5	V
I_{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		5V		—	0.1	1	μA
I_{DD}	Operating Current	3V	No load f_{OSC}=455kHz	—	200	400	μA
		5V		—	400	800	μA
I_{DOUT}	Output Drive Current	5V	V_{OH}=0.9V_{DD} (Source)	−1	−1.6	—	mA
			V_{OL}=0.1V_{DD} (Sink)	2	3.2	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V_{DD}	—	V_{DD}	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0	—	0.2V_{DD}	V
R_{DATA}	D8~D11 Pull-high Resistance	5V	V_{DATA}=0V	—	150	300	kΩ

HT12E Ta=25°C

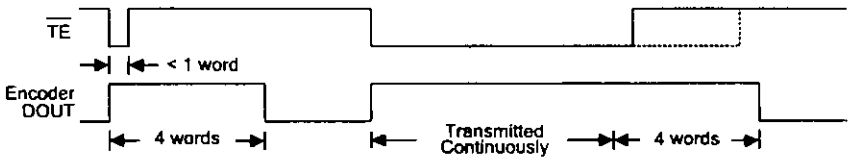
Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	5	12	V
I_{STB}	Standby Current	3V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	3V	No load f_{OSC}=3kHz	—	40	80	μA
		12V		—	150	300	μA
I_{DOUT}	Output Drive Current	5V	V_{OH}=0.9V_{DD} (Source)	−1	−1.6	—	mA
			V_{OL}=0.1V_{DD} (Sink)	1	1.6	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	—	—	0.8V_{DD}	—	V_{DD}	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	—	—	0	—	0.2V_{DD}	V
f_{OSC}	Oscillator Frequency	5V	R_{OSC}=1.1MΩ	—	3	—	kHz
$R_{\overline{TE}}$	$\overline{TE}$ Pull-high Resistance	5V	$V_{\overline{TE}}$=0V	—	1.5	3	MΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ.ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

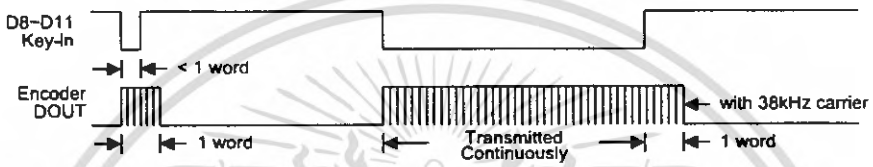
Functional Description

Operation

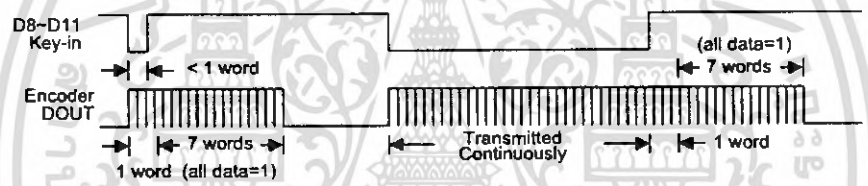
The 2^{12} series of encoders begin a 4-word transmission cycle upon receipt of a transmission enable ($\overline{TE}$ for the HT12E or D8~D11 for the HT12A, active low). This cycle will repeat itself as long as the transmission enable ($\overline{TE}$ or D8~D11) is held low. Once the transmission enable returns high the encoder output completes its final cycle and then stops as shown below.



Transmission timing for the HT12E



Transmission timing for the HT12A (L/MB=Floating or VDD)



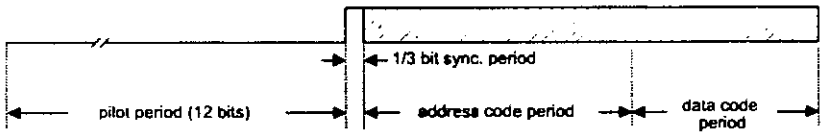
Transmission timing for the HT12A (L/MB=VSS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Information word

If L/MB=1 the device is in the latch mode (for use with the latch type of data decoders). When the transmission enable is removed during a transmission, the DOUT pin outputs a complete word and then stops. On the other hand, if L/MB=0 the device is in the momentary mode (for use with the momentary type of data decoders). When the transmission enable is removed during a transmission, the DOUT outputs a complete word and then adds 7 words all with the "1" data code.

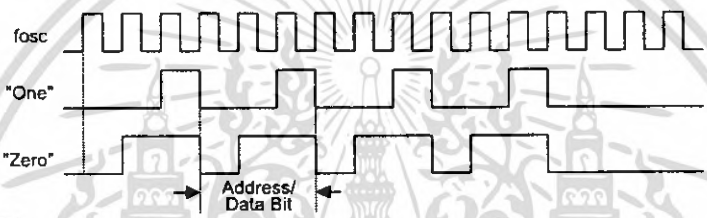
An information word consists of 4 periods as illustrated below.



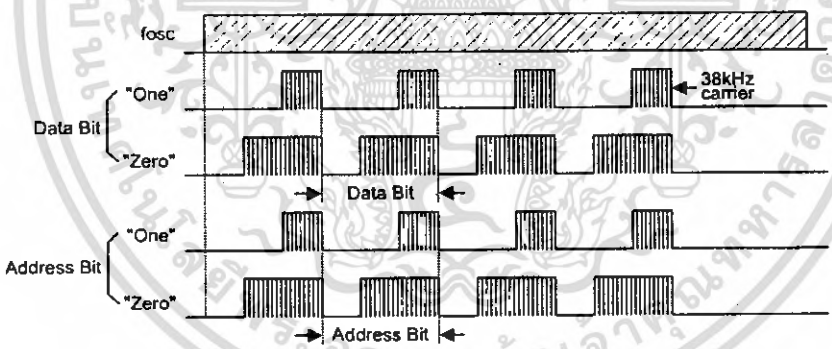
Composition of information

Address/data waveform

Each programmable address/data pin can be externally set to one of the following two logic states as shown below.



Address/Data bit waveform for the HT12E



Address/Data bit waveform for the HT12A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The address/data bits of the HT12A are transmitted with a 38kHz carrier for infrared remote controller flexibility.

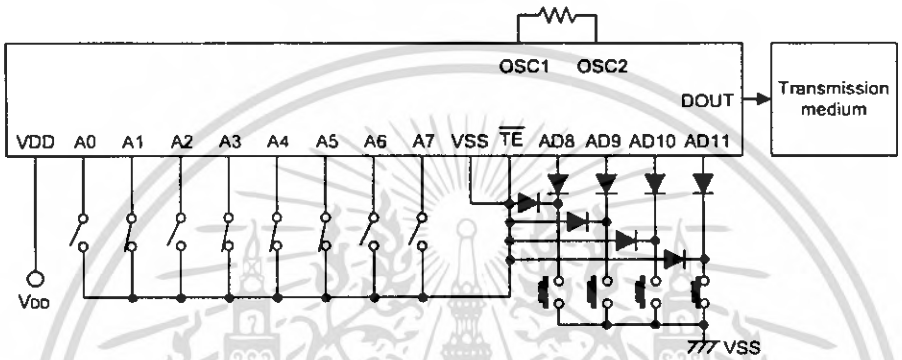
Address/data programming (preset)

The status of each address/data pin can be individually pre-set to logic "high" or "low". If a transmission-enable signal is applied, the encoder scans and transmits the status of the 12 bits of address/data serially in the order A0 to AD11 for the HT12E encoder and A0 to D11 for the HT12A encoder.

During information transmission these bits are transmitted with a preceding synchronization bit. If the trigger signal is not applied, the chip enters the standby mode and consumes a reduced current of less than 1μA for a supply voltage of 5V.

Usual applications preset the address pins with individual security codes using DIP switches or PCB wiring, while the data is selected by push buttons or electronic switches.

The following figure shows an application using the HT12E:



The transmitted information is as shown:

Pilot & Sync.	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11
1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address/Data sequence

The following provides the address/data sequence table for various models of the 2^{12} series of encoders. The correct device should be selected according to the individual address and data requirements.

Part No.	Address/Data Bits											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HT12A	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	D8	D9	D10	D11
HT12E	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11

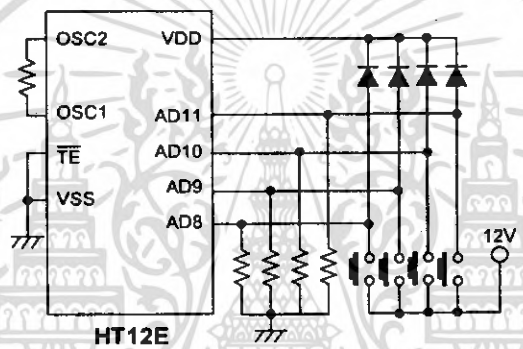
Transmission enable

For the HT12E encoders, transmission is enabled by applying a low signal to the $\overline{TE}$ pin. For the HT12A encoders, transmission is enabled by applying a low signal to one of the data pins D8~D11.

Two erroneous HT12E application circuits

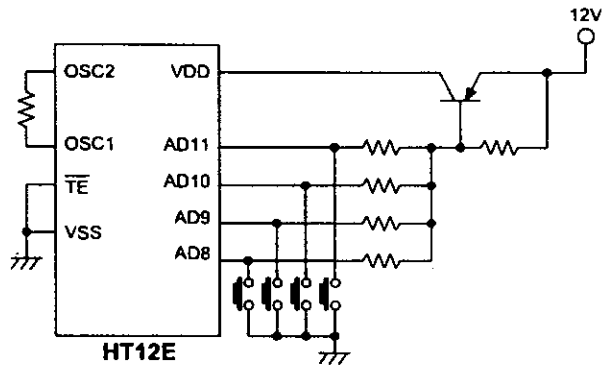
The HT12E must follow closely the application circuits provided by Holtek (see the "Application circuits").

- Error: AD8~AD11 pins input voltage > V_{DD}+0.3V



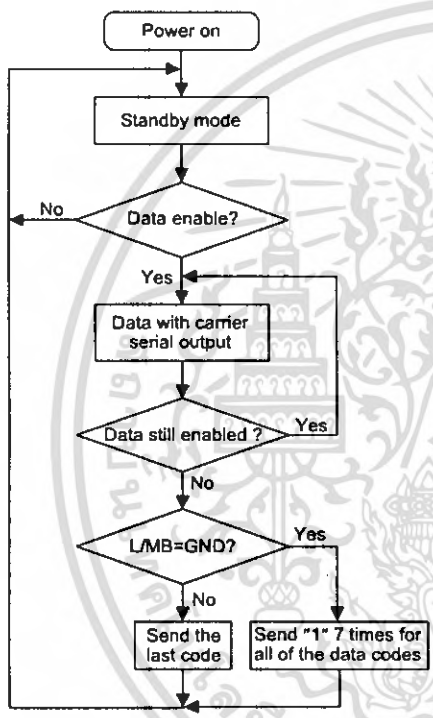
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• Error: The IC's power source is activated by pins AD8~AD11

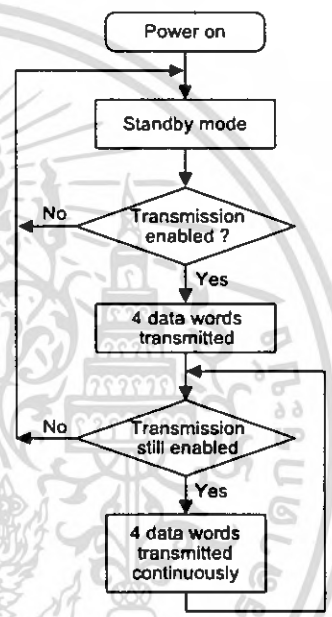


Flowchart

• HT12A



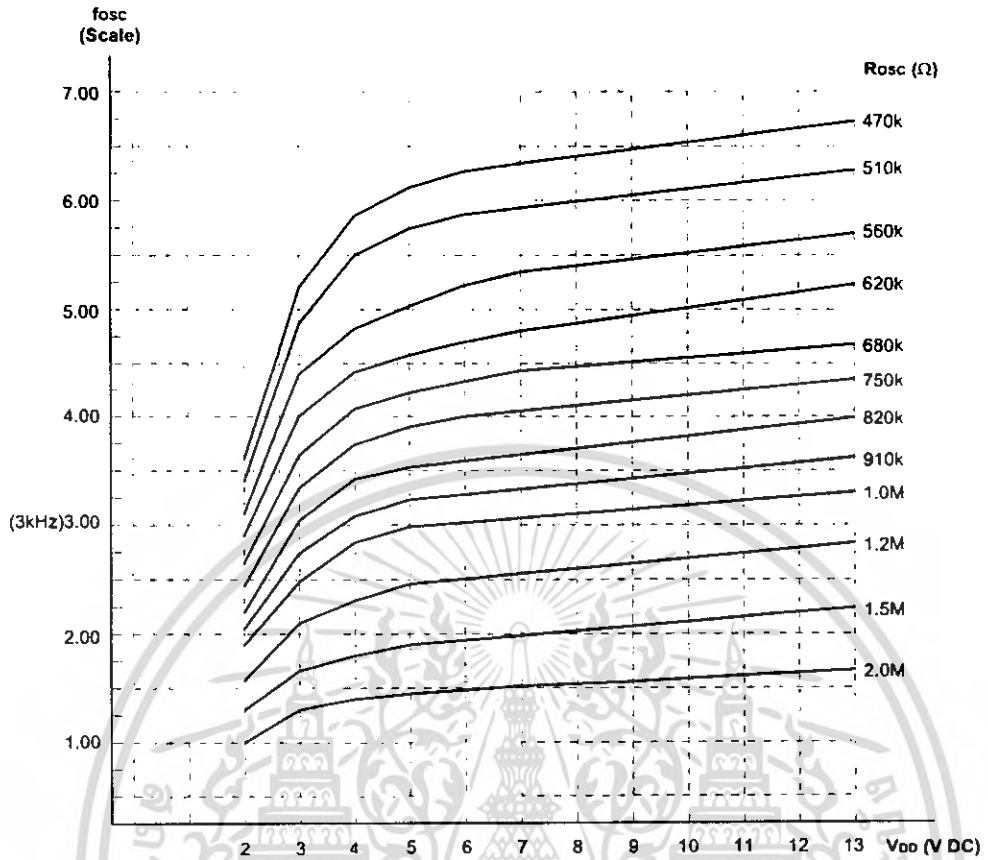
• HT12E



Note: D8~D11 are transmission enables of the HT12A.
$\overline{TE}$ is the transmission enable of the HT12E.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Oscillator frequency vs supply voltage

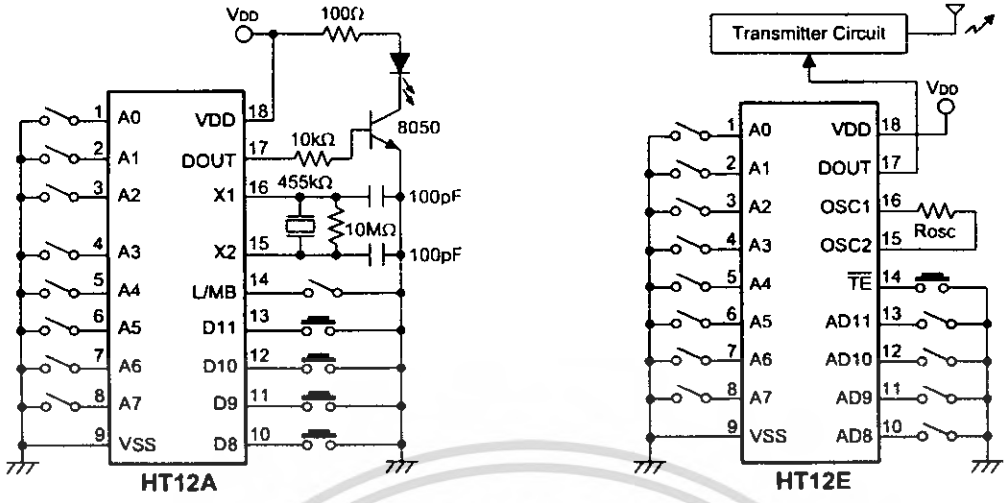


The recommended oscillator frequency is f_{OSCD} (decoder) $\cong 50\ f_{OSCE}$ (HT12E encoder)

$$\cong \frac{1}{3} f_{OSCE} \text{ (HT12A encoder)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuits



Note: Typical infrared diode: EL-1L2 (KODENSHI CORP.)
Typical RF transmitter: JR-220 (JUWA CORP.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Binary address setting
- Received codes are checked 3 times
- Address/Data number combination
  - HT12D: 8 address bits and 4 data bits
  - HT12F: 12 address bits only
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easy interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2^{12} series of encoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2^{12} decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with Holtek's 2^{12} series of encoders (refer to the encoder/decoder cross reference table). For proper operation, a pair of encoder/decoder with the same number of addresses and data format should be chosen.

The decoders receive serial addresses and data from a programmed 2^{12} series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. They compare the serial input data three times continuously with their local addresses. If no error or unmatched codes are found, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VT pin also goes high to indicate a valid transmission.

The 2^{12} series of decoders are capable of decoding informations that consist of N bits of address and 12–N bits of data. Of this series, the HT12D is arranged to provide 8 address bits and 4 data bits, and HT12F is used to decode 12 bits of address information.

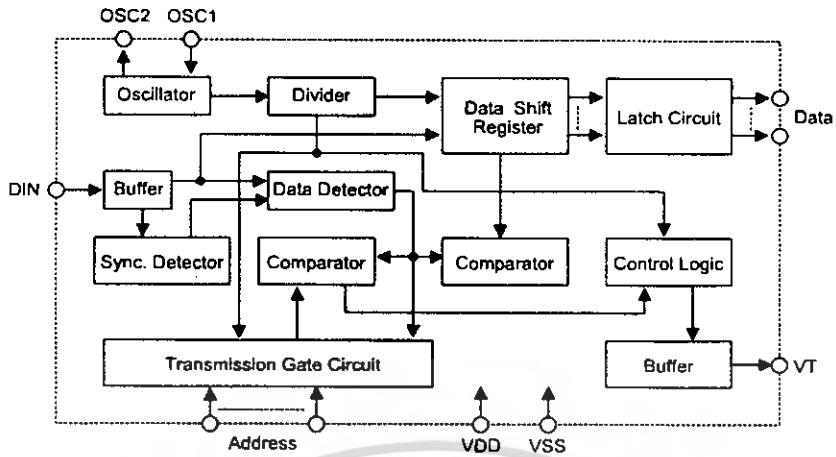
Selection Table

Function / Part No.	Address No.	Data No.	Data Type	VT	Oscillator	Trigger	Package
HT12D	8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18DIP, 20SOP
HT12F	12	0	—	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18DIP, 20SOP

Notes: Data type: L stands for latch type data output.
VT can be used as a momentary data output.

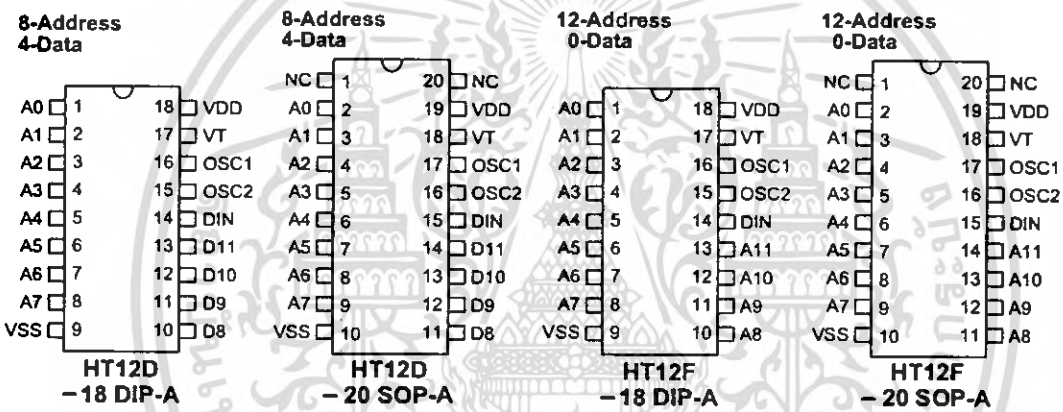
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



Note: The address/data pins are available in various combinations (see the address/data table).

Pin Assignment

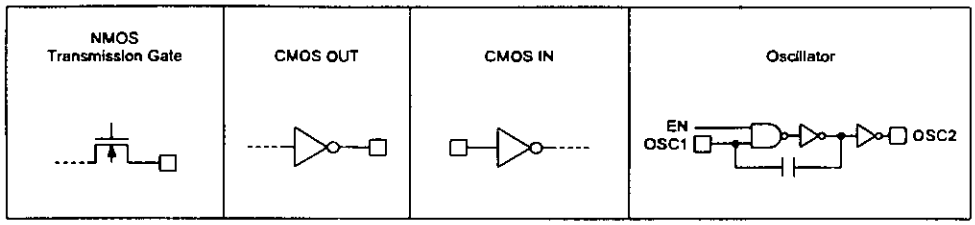


Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A11 (HT12F)	I	NMOS Transmission Gate	Input pins for address A0~A11 setting These pins can be externally set to VSS or left open.
A0~A7 (HT12D)			Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open.
D8~D11 (HT12D)	O	CMOS OUT	Output data pins, power-on state is low.
DIN	I	CMOS IN	Serial data input pin
VT	O	CMOS OUT	Valid transmission, active high
OSC1	I	Oscillator	Oscillator input pin
OSC2	O	Oscillator	Oscillator output pin
VSS	—	—	Negative power supply, ground
VDD	—	—	Positive power supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Approximate internal connection circuits



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage ..... −0.3V to 13V
Input Voltage ..... V_{SS}−0.3 to V_{DD}+0.3V
Storage Temperature ..... −50°C to 125°C
Operating Temperature ..... −20°C to 75°C

Note: These are stress ratings only. Stresses exceeding the range specified under "Absolute Maximum Ratings" may cause substantial damage to the device. Functional operation of this device at other conditions beyond those listed in the specification is not implied and prolonged exposure to extreme conditions may affect device reliability.

Electrical Characteristics

Ta=25°C

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
		V_{DD}	Conditions				
V_{DD}	Operating Voltage	—	—	2.4	5	12	V
I_{STB}	Standby Current	5V	Oscillator stops	—	0.1	1	μA
		12V		—	2	4	μA
I_{DD}	Operating Current	5V	No load, f_{OSC}=150kHz	—	200	400	μA
I_O	Data Output Source Current (D8~D11)	5V	V_{OH}=4.5V	−1	−1.6	—	mA
	Data Output Sink Current (D8~D11)	5V	V_{OL}=0.5V	1	1.6	—	mA
I_{VT}	VT Output Source Current	5V	V_{OH}=4.5V	−1	−1.6	—	mA
	VT Output Sink Current		V_{OL}=0.5V	1	1.6	—	mA
V_{IH}	"H" Input Voltage	5V	—	3.5	—	5	V
V_{IL}	"L" Input Voltage	5V	—	0	—	1	V
f_{OSC}	Oscillator Frequency	5V	R_{OSC}=51kΩ	—	150	—	kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

Operation

The 2^{12} series of decoders provides various combinations of addresses and data pins in different packages so as to pair with the 2^{12} series of encoders.

The decoders receive data that are transmitted by an encoder and interpret the first N bits of code period as addresses and the last 12–N bits as data, where N is the address code number. A signal on the DIN pin activates the oscillator which in turn decodes the incoming address and data. The decoders will then check the received address three times continuously. If the received address codes all match the contents of the decoder's local address, the 12–N bits of data are decoded to activate the output pins and the VT pin is set high to indicate a valid transmission. This will last unless the address code is incorrect or no signal is received.

The output of the VT pin is high only when the transmission is valid. Otherwise it is always low.

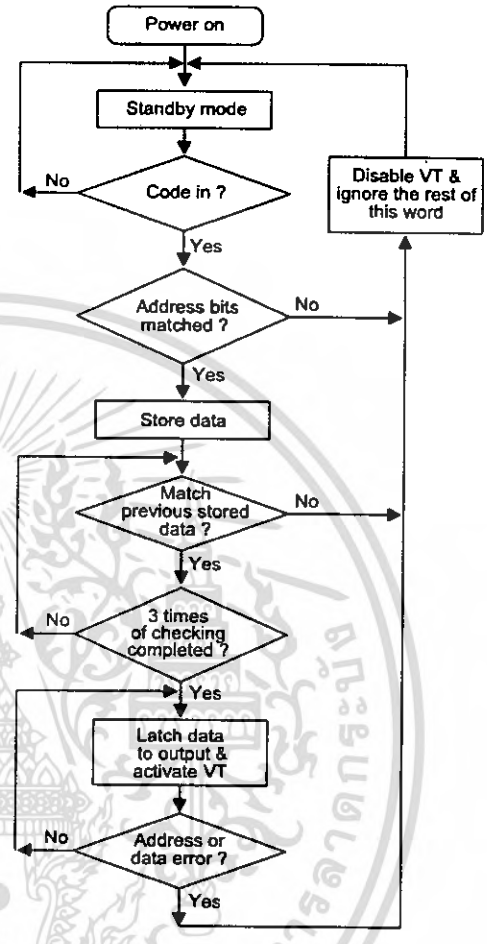
Output type

Of the 2^{12} series of decoders, the HT12F has no data output pin but its VT pin can be used as a momentary data output. The HT12D, on the other hand, provides 4 latch type data pins whose data remain unchanged until new data are received.

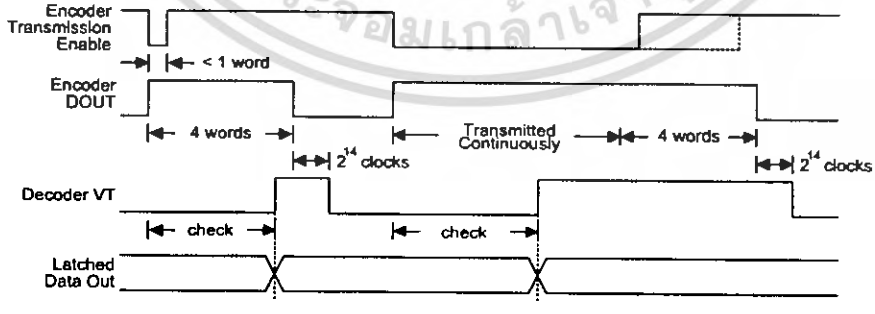
Part No.	Data Pins	Address Pins	Output Type	Operating Voltage
HT12D	4	8	Latch	2.4V~12V
HT12F	0	12	—	2.4V~12V

Flowchart

The oscillator is disabled in the standby state and activated when a logic "high" signal applies to the DIN pin. That is to say, the DIN should be kept low if there is no signal input.



Decoder timing



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encoder/Decoder cross reference table

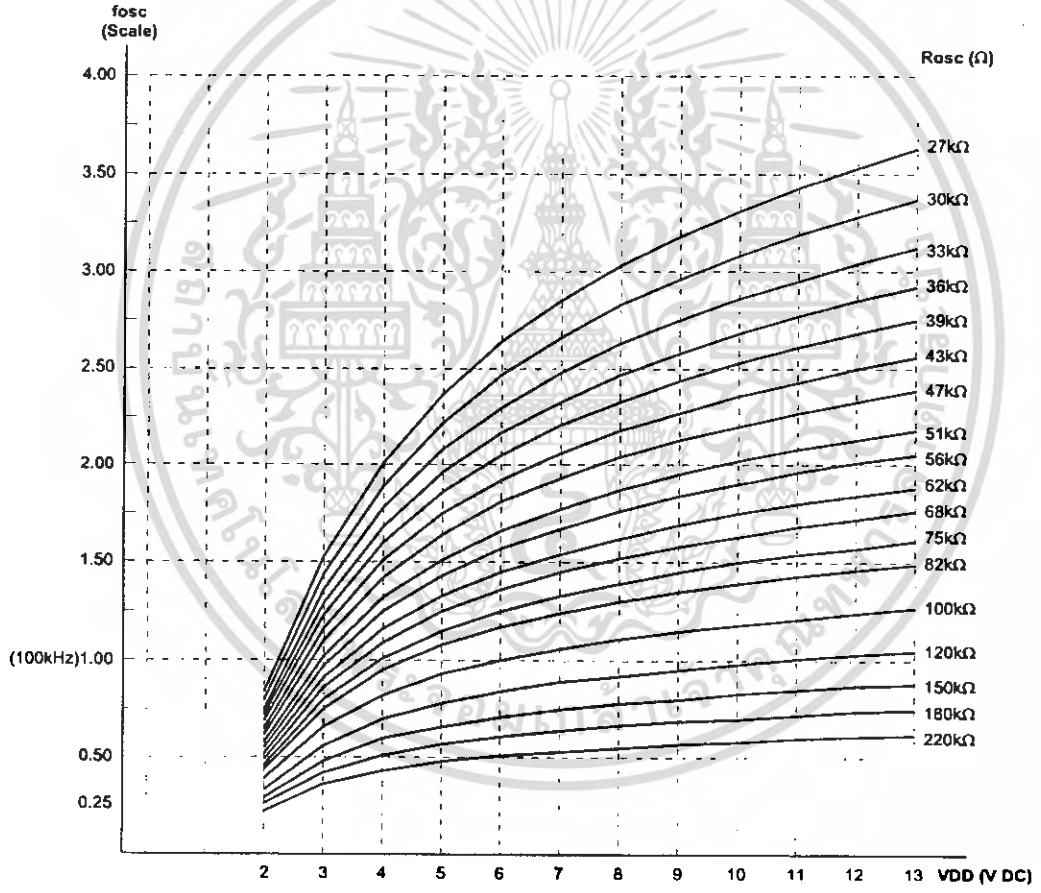
Decoders Part No.	Data Pins	Address Pins	VT	Pair Encoder	Package			
					Encoder		Decoder	
					DIP	SOP	DIP	SOP
HT12D	4	8	√	HT12A HT12E	18	20	18	20
HT12F	0	12	√	HT12A HT12E	18	20	18	20

Address/Data sequence

The following table provides address/data sequence for various models of the 2^{12} series of decoders.

Part No.	Address/Data Bits											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
HT12D	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	D8	D9	D10	D11
HT12F	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11

Oscillator frequency vs supply voltage

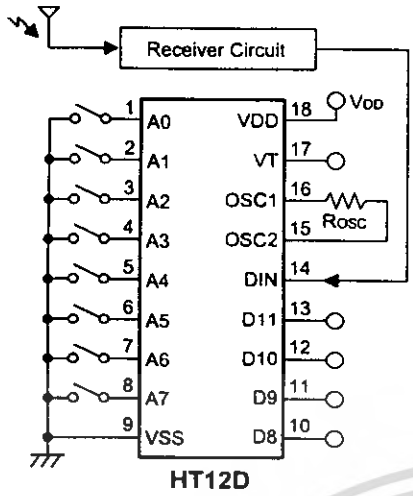


Note: The recommended oscillator frequency is f_{OSCD} (decoder) ≅ 50 f_{OSCE} (HT12E encoder)

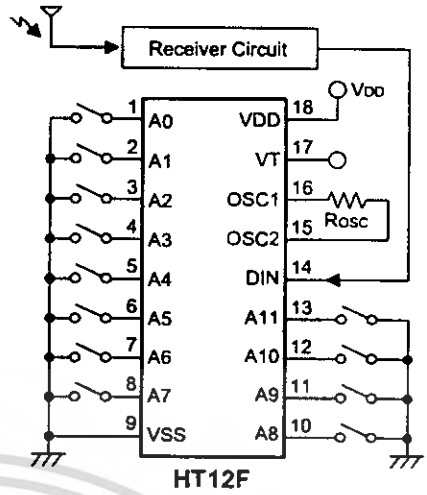
≅ $\frac{1}{3}$ f_{OSCE} (HT12A encoder).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuits



HT12D



HT12F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
T_{OUT} (Note 1) ..... ±15V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ... 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ... 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) ... 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ... 696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ... 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ... 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) ... 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C) ... 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C) ... 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ... 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0°C to +70°C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40°C to +85°C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55°C to +125°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate	All except MAX220, normal operation			200	116	kbits/ sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V			±7	±22	mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

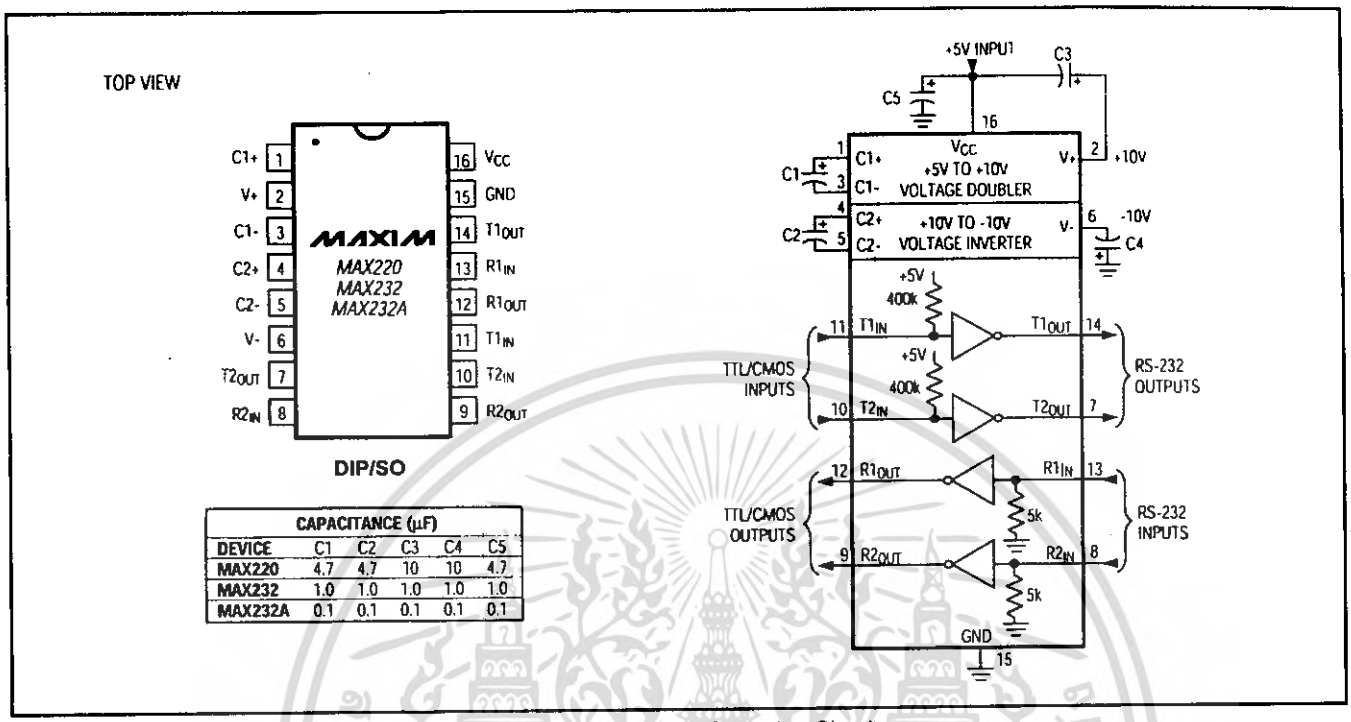
ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25°C		0.1	10	µA
		T_A = 0°C to +70°C		2	50	
		T_A = -40°C to +85°C		2	50	
		T_A = -55°C to +125°C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

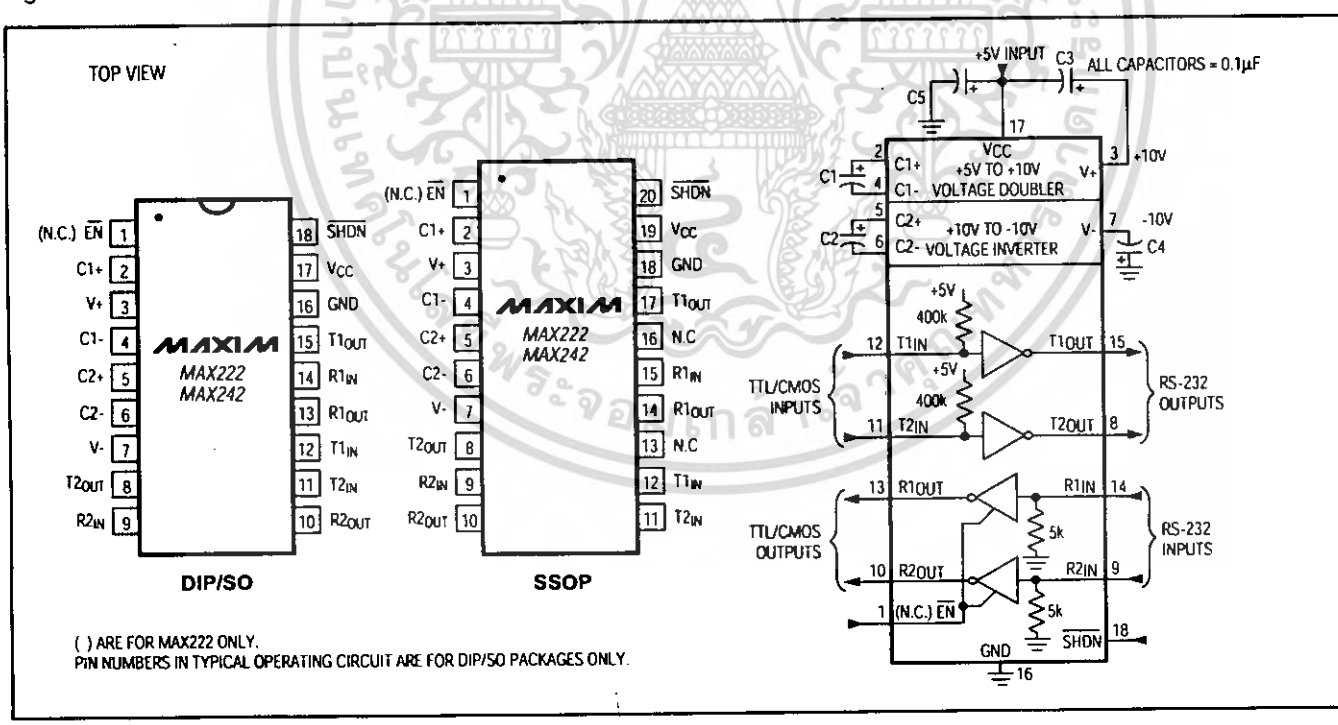
Note 2: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit



( ) ARE FOR MAX222 ONLY.
PIN NUMBERS IN TYPICAL OPERATING CIRCUIT ARE FOR DIP/SO PACKAGES ONLY.

Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้