สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไม้เท้านำทางคนตาบอด

Intelligent Walking cane for the blind

โดย

นาย ณัฐพงษ์ ตั้งสุขศิริจิตร

นาย ณัฐศรุต วงศ์ศิริ

ป/พ
ณ339ม
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72758.....
วัน,เดือน,ปี.....22 มิ.ย. 2550

.b.....11772308.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตย์
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานเรื่อง ไม้เท้านำทางคนตาบอด

Intelligent Walking cane for the blind

จัดทำโดย นาย ณัฐพจน์ ตั้งสุขศิริจิตร รหัส 46010205 ชั้นปีที่ 4C

นาย ณัฐศรุต วงค์ศิริ รหัส 46010226 ชั้นปีที่ 4C

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้เท้านำทางคนตาบอด

นาย ณัฐพจน์ ตั้งสุขศิริจิตร รหัส 46010205
นาย ณัฐศรุต วงค์ศิริ รหัส 46010226
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์
ปีการศึกษา2549

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่คือ อาร์เอฟไอดี ซึ่งจะมีบทบาทในอนาคตข้างหน้า แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการประยุกต์ใช้มากพอ ทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้น ซึ่งโครงงานนี้จะเป็นการประยุกต์ใช้ อาร์เอฟไอดี ในการออกแบบ ไม้เท้าสำหรับนำทางคนตาบอด ซึ่งจะใช้งาน ระบบอาร์เอฟไอดีที่ความถี่125 KHZ ในการอ่านข้อมูลกับป้ายอาร์เอฟไอดีซึ่งป้ายอาร์เอฟไอดีแต่ละตัวนั้นจะมีข้อมูลที่แตกต่างกันซึ่งจะบ่งบอกถึงตำแหน่งที่แตกต่างกันแล้วทำการส่งข้อมูลแบบอนุกรมเข้าไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยแสดงผลออกมาเป็นเสียงเพื่อระบุเป็นเส้นทางให้คนตาบอดเดินตามเส้นทางที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intelligent Walking cane for the blind

Mr. Nuttaphot Tangsuksirijit ID.46010205
Mr. Natsarut Wongsiri ID.46010226
Asst.Prof.Dr. Apinut Thanachayanont (Advisor)
Education Year 2006

Abstract

As a result of now have new technology is RFID , will to play a role in the near future but now yet no have to use application at enough to make this project occurred. This project is application to use RFID for design A cane to lead way for a blindness man , will to use RFID system at frequency 125 KHz read data with Tag. Each tag will have different data this will to display different position and transfer series data into compile system at microcontroller by display with sounds for specify the way to give a blindness man walk along the way designed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่เยาว์วัยขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวข้าพเจ้าทุกๆคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง

นาย ณัฐพจน์ ตั้งสุขศิริจิตร รหัส 46010205

นาย ณัฐศรุต วงค์ศิริ รหัส 46010226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎี 2

2.1 ระบบ RFID 2

2.1.1 ส่วนประกอบของระบบ RFID (Radio Frequency Identification System) 3

2.1.2 การจำแนกระบบ RFID 5

2.I.3 หลักการทำงานพื้นฐานของระบบ RFID 7

2.1.4 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในระบบ RFID 12

2.1.5 การเข้ารหัสและการมอดูเลชั่นของระบบ RFID 25

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F628 29

2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 29

2.2.2 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม 31

2.2.3 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลของ PIC16F628 33

2.2.4 รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F628 35

2.3 ทฤษฎีของไอซีบันทึกเสียง ISD25120 39

2.3.I คุณสมบัติของไอซีบันทึกเสียง ISD 25120 39

2.3.2 การทำงานเบื้องต้น 40

2.3.3 การใช้งานของไอซีบันทึกเสียง ISD 25120 43

2.4 ทฤษฎีของระบบRF 44

2.4.1 ระบบสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Communication Systems) 44

2.4.2 สัญญาณในระบบสื่อสาร 45

2.4.3 แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 46

2.4.4 รูปแบบของการสื่อสาร 47

2.4.5 การมอดดูเลชั่น และการดีมอดดูเลชั่น 48

บทที่ 3 การออกแบบวงจร 52

3.1 ส่วนของวงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULE 52

3.1.1 วงจรส่งสัญญาณ RFID 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 RFID MODULE 54
3.1.3 เสาอากาศ (Antenna) 55
3.1.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628 56
3.1.5 ENCODER 58
3.2 ส่วนของวงจรภาครับสัญญาณRFIDเพื่อเล่นเสียง 59
3.2.1 RLP434A 61
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628 61
3.2.3 ISD25120 63
3.2.4 ส่วนของตัว Tags 64
บทที่ 4 ผลการทดลอง 66
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 70
เอกสารอ้างอิง 74
ภาคผนวก 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่2.1 ระบบAuto IDที่ใช้ในปัจจุบัน	3
รูปที่2.2 พื้นฐานการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านกับ Tags	4
รูปที่2.3 วงจรภายในของ Tags	4
รูปที่2.4 รูปแบบการสื่อสารกันระหว่าง ReaderกับTransponder	7
รูปที่2.5 แสดงการจ่ายพลังงานของReaderให้กับTransponderซึ่งใช้การเหนี่ยวนำแบบClose Coupling	11
รูปที่2.6 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่เป็นวงกลม	13
รูปที่2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เส้นแรงแม่เหล็ก(ϕ) กับ ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่(B)	14
รูปที่2.8 Mutual Inductance ของ Coil ที่ 2 ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของ Coil ที่ 1	15
รูปที่2.9 กราฟเปรียบเปรียบเทียบกับ Antenna ที่ไม่มีการใช้วงจร Resonance กับAntenna ที่มีการใช้วงจร Resonance	17
รูปที่2.10 เป็นวงจรเสมือนของReaderที่มองImpedance ของ Transponder ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำเป็นZT	20
รูปที่2.11 การไหลของสัญญาณและข้อมูลในระบบการสื่อสารแบบดิจิตอล	25
รูปที่2.12 แสดงสัญญาณ Carrier และ Sideband บนแกนความถี่	27
รูปที่ 2.13 เป็นสัญญาณที่ถูก Modulate แบบ ASK	27
รูปที่ 2.14 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	29
รูปที่ 2.15 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม	32
รูปที่ 2.16 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ทั้งหมดของ PIC16F628 และการจัดสรรพื้นที่ในแต่ละแบงก์	34
รูปที่ 2.17 ตารางคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี ISD25120	39
รูปที่2.18 ลักษณะของไอซี ISD25120	40
รูปที่2.19 บล็อกไดอะแกรมของระบบสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์	44
รูปที่2.20 รูปแบบการสื่อสารตามทิศทาง	48
รูปที่2.21 AM Modulated wave	49
รูปที่2.22 สัญญาณ ASK (รูปล่าง) และข้อมูลที่ต้องการส่ง (รูปบน)	50
รูปที่3.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULE	53
รูปที่3.2 วงจรส่งสัญญาณ RFID	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 วงจรของRFID MODULE 55
รูปที่ 3.4 วงจรของ PIC16F628 56
รูปที่ 3.5 วงจรของENCODER 58
รูปที่ 3.6 วงจรภาครับสัญญาณRFIDเพื่อเล่นเสียง 60
รูปที่ 3.7 วงจรภาครับสัญญาณRFIDเพื่อเล่นเสียง 61
รูปที่ 3.8 วงจรของ PIC16F628 61
รูปที่ 3.9 วงจรของ ISD25120 63
รูปที่ 3.10 Tagsที่ทำการออกแบบ 64
รูปที่4.1 แสดงแบบจำลองเส้นทางที่ติดตั้ง Tags 66
รูปที่4.2 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกA " 67
รูปที่4.3 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกB " 67
รูปที่4.4 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกC " 68
รูปที่4.5 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกD " 68
รูปที่4.6 สัญญาณสถานะ0ที่วัดได้ของENCODERและDECODER 69
รูปที่4.7 สัญญาณสถานะ1ที่วัดได้ของENCODERและDECODER 69
รูปที่5.1 ไม้เท้าที่ทำการออกแบบ 71
รูปที่5.2 วงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULEและรางใส่ถ่าน 71
รูปที่5.3 กล่องที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้เล่นเสียง 72
รูปที่5.4 Tagsที่ออกแบบ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานชิ้นนี้เป็นการประยุกต์การใช้งานของระบบ RFID เพื่อสร้างไม้เท้าที่ใช้สำหรับนำทางคนตาบอดโดยโครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนของวงจรส่งสัญญาณ RFIDที่ความถี่125 KHZ , วงจรส่งสัญญาณ RFที่ความถี่ KHZ, วงจรที่ใช้ในการควบคุมการเล่นเสียง และส่วนของตัว Tags โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลให้ทำงานตามที่ต้องการ

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการศึกษาการทำงานของระบบ RFID (Radio Frequency Identification System) ที่ความถี่ 125 kHz และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานโดยการสร้างเป็นไม้เท้าเพื่อใช้แสดงผลเป็นเสียงให้คนตาบอดสามารถเดินไปตามเส้นทางที่มี Tags วางอยู่และรู้ตำแหน่งที่ตนอยู่และตำแหน่งที่ต้องการจะเดินทางไปได้อย่างถูกต้อง

ขอบเขตของโครงงาน

1. ระบบ RFID สามารถทำการติดต่อรับส่งข้อมูลกับ Tags ได้
2. ระบบ RFID สามารถรับข้อมูลจาก Tags ได้ทีละตัว
3. ระบบ RF สามารถทำการติดต่อส่งข้อมูลให้กับวงจรที่ใช้ในการควบคุมการเล่นเสียงได้
4. สามารถแสดงผลเป็นเสียงให้คนตาบอดสามารถเดินไปตามเส้นทางที่มี Tags วางอยู่และรู้ตำแหน่งที่ตนอยู่และตำแหน่งที่ต้องการจะเดินทางไปได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

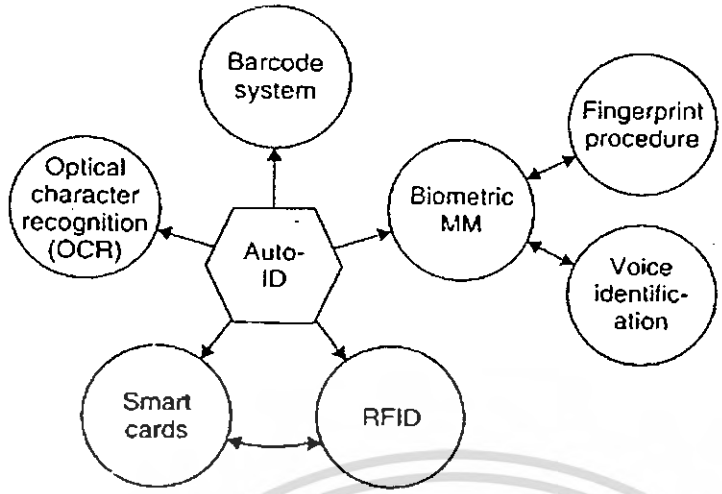
บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ระบบRFID (Radio Frequency Identification System)

ในปัจจุบันนี้ระบบบ่งชี้อัตโนมัติ (Automatic Identification) หรือ Auto ID ถูกนำมาใช้งานและพัฒนาไปอย่างมากทั้งในภาคอุตสาหกรรม ลอจิสติกส์ กระบวนการผลิตการขนถ่ายวัตถุดิบ ฯลฯ ระบบ Auto ID จะนำมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูลระบุสถานะของคนสัตว์สิ่งของเช่น สินค้าที่เราให้ความสนใจ

ระบบ Auto ID ที่เป็นที่รู้จักและใช้งานกันแพร่หลายที่สุดคือระบบบาร์โค้ด(Barcode System) ซึ่งสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันเช่นบนหีบห่อสินค้าหนังสือหรือบนตัวสินค้าเนื่องจากมีต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำง่ายต่อการใช้งานจึงเป็นเหตุผลให้บาร์โค้ดถูกนำมาใช้งานมากที่สุดแต่บาร์โค้ดก็มีข้อจำกัดหลายประการได้แก่ จัดเก็บข้อมูลได้จำกัด เสียหายหรือมีปัญหาระหว่างการอ่านได้ง่าย ระบบAuto IDที่เรารู้จักรองลงมาจากบาร์โค้ดก็คือระบบสมาร์ทการ์ด (Smart Card System) เป็นระบบที่กำลังมีบทบาทอย่างรวดเร็วในปัจจุบันเราจะพบเห็นสมาร์ทการ์ดในรูปแบบของบัตรต่างๆ เช่นบัตรชมภาพยนต์ ซิมการ์ดของโทรศัพท์เคลื่อนที่และบัตรสมาชิกตามคลับต่างๆ โดยใช้แถบแม่เหล็กหรือไมโครชิ ปในการอ่าน/เขียนข้อมูล มีข้อดีคือสามารถเก็บข้อมูลได้มากปลอดภัยแต่เนื่องจากเป็นแถบแม่เหล็กวิธีการอ่านข้อมูลจากสมาร์ทการ์ดจะต้องใช้วิธีสัมผัสทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องอ่านเมื่อใช้ไปนานๆ ระบบ Auto ID อีกชนิดหนึ่งที่เราจะกล่าวถึงนี้เป็นระบบที่ ขจัดข้อเสียของทั้งระบบบาร์โค้ดและสมาร์ทการ์ดเราเรียกระบบนี้ว่า **RFID (Radio Frequency Identification)** ซึ่งเป็นระบบ Auto ID ที่ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency)ในการติดต่อสื่อสารและระบบRFIDนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับสมาร์ทการ์ดที่สุดคือข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในการ์ดหรือTags เหมือนกันแต่ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือการอ่าน/เขียนข้อมูลสามารถทำได้โดยไม่ ต้องสัมผัสเหมือนกับสมาร์ทการ์ด จึงเป็นสาเหตุให้ RFID ได้เปรียบระบบ Auto ID ทุกชนิดที่กล่าวมาแล้ว และมีแนวโน้มจะถูกใช้มากขึ้นเรื่อยๆโดยการสื่อสารข้อมูลโดยระบบAuto IDที่ใช้ในปัจจุบันจะแสดงเป็นBlock diagramดังรูปที่2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.1 ระบบAuto IDที่ใช้ในปัจจุบัน

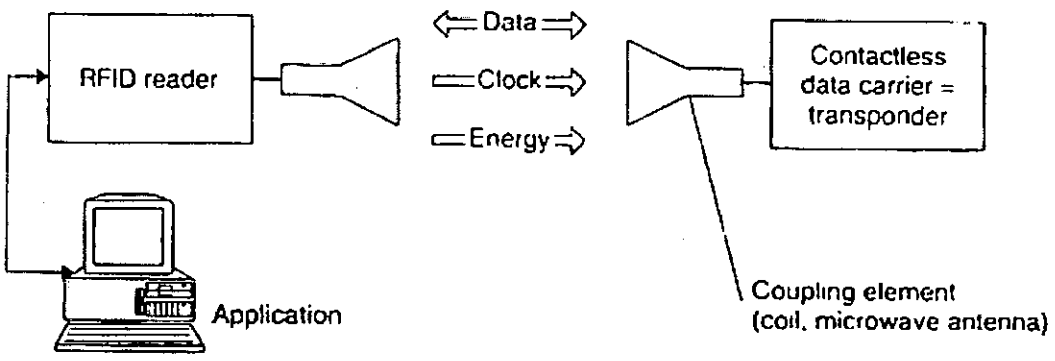
2.1.1 ส่วนประกอบของระบบRFID (Radio Frequency Identification System)

โดยทั่วไประบบ RFID จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ

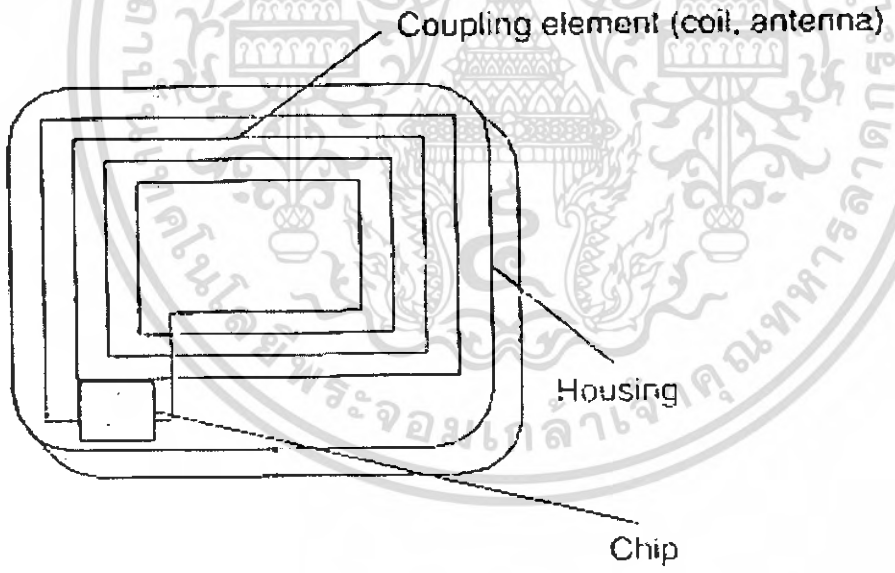
1)ทรานสปอนเดอร์ (Transponder) หรือ Data Carrier หรือเรียกง่ายๆ ว่าTags จะเป็นส่วนของการเก็บข้อมูลและถูกติดตั้งอยู่กับวัตถุที่เราต้องการชี้บ่ง(Identify)ซึ่งจะประกอบไปด้วยเสาอากาศทำหน้าที่ คล้องสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องอ่านและส่วนของไมโครชิพในกรณีที่Tagsไม่มีแบตเตอรี่ในตัวเมื่ออยู่นอกพื้นที่ที่มีสัญญาณจะไม่มีการทำงานเกิดขึ้นโดยTagsจะทำงานก็ต่อเมื่อTagsเข้ามาในพื้นที่ที่มีสัญญาณซึ่ง Tagsจะได้รับพลังงานจากการคล้องของสัญญาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและ สร้างแรงดันไฟ ฟ้าขึ้นจำนวนหนึ่งปริมาณเพียงพอที่จะใช้ในการทำงานของTagsซึ่งเรายังสามารถแบ่งTransponderออกเป็นหลายแบบ โดยถ้าแบ่งตามพลังงานของTransponder สามารถแบ่งได้เป็นActive Transponder(มีแหล่งจ่ายพลังงานในตัวอยู่แล้ว) และPassive Transponder (ไม่มีแหล่งจ่ายพลังงาน) โดยที่ในกรณีของ Active Transponder นั้นจะใช้ในกรณีที่ในตัว Transponder นั้นต้องการการเก็บข้อมูลโดยใช้EEPROMหรือต้องการการใช้งานที่มีระยะทางระหว่างReaderกับTransponderที่ห่างกันมากส่วนPassive Transponder นั้นจะใช้ในกรณีที่ใช้การสื่อสารในระยะทางสั้นๆเช่นในกรณีบัตรผ่านประตู

2)เครื่องอ่าน (Reader) จะประกอบไปด้วยภาครับ/ส่งสัญญาณวิทยุส่วนควบคุมและเสาอากาศ (Antenna) ทำหน้าที่คล้องสัญญาณกับ Tags และส่วนของการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ควบคุมภายนอก (RS232C,RS485 หรือ RS422) ขึ้นอยู่กับลักษณะการสื่อสารที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.2 พื้นฐานการสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านกับ Tags



รูปที่2.3 วงจรภายในของ Tags

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การจำแนกระบบRFID

2.1.2.1 ระบบRFID ที่จำแนกโดยลักษณการคล้องของสัญญาณ

1) Close Coupling

เป็น RFID ที่มีระยะในการอ่าน/เขียนข้อมูลสั้นมากประมาณ 0-1 เซนติเมตรดังนั้นTags จะต้องอยู่ใกล้หรือวางอยู่บนเครื่องอ่าน Close Coupling นี้จะสามารถใช้คลื่นความถี่ได้ตั้งแต่ 0 Hz จนถึง 50 MHz เนื่องจากการทำงานของ Tags ไม่อาศัยการส่งพลังงานจากการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเครื่องอ่านแต่อาศัยการเหนี่ยวนำเหมือนหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้า ทำให้เกิดพลังงานที่ทำให้วงจรภายในTags ทำงานได้ ระบบClose-Coupling จะนิยมนำมาใช้งานที่ต้องการความปลอดภัยค่อนข้างสูง แต่ไม่ต้องการติดต่อได้ไกลเช่นประตูอัตโนมัติหรือสมาร์ทการ์ด ไร้สัมผัส (Contactless Smart Cards)

2) Remote Coupling

เป็นระบบที่มีระยะการอ่าน/เขียนสู งถึง 1 เมตร ระบบนี้จะใช้ หลั กการคล้องสัญญาณแบบ Inductive (Magnetic) Coupling ระหว่างเครื่องอ่านกับ Tags ประมาณ90-95% ของระบบ RFID ในปจจุบันใช้หลักการ Remote Coupling นี้โดยความถี่ที่ใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นตั้งแต่ 13.5 MHz ลงไป พลังงานไฟฟ้ าจะถูกส่งโดยหลักการแผ่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปให้ Tags ทำให้ Tags ได้รับพลังงานสามารถทำงานได้ ระบบ Remote Coupling นี้ จะพบมากในลักษณะงานอุตสาหกรรมเช่น รถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ อิเล็คทรอนิกส์

3) Long Range

ระบบนี้จะมีระยะการอ่าน/เขียนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 เมตรหรือบางระบบอาจสูงกว่านี้ ความถี่ที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นย่านที่มีความถี่สูงมากหรือ ไมโครเวฟ (Microwaverang) ซึ่งปกติที่ความถี่ 2.45 GHz หรือบางครั้งจะพบที่ 915 MHz, 5.8 GHz และ24.125 GHz แต่การส่งพลังงานจากตัวเครื่องอ่านไปยัง Tags ทำได้ยากดังนั้น Tags ที่ใช้งานจะเป็นชนิดที่มีแบตเตอรี่ในตัวซึ่งจะใช้สำหรับเป็นไฟเลี้ยงที่ทำให้ไมโครชิพทำงานและเก็บรักษาข้อมูล ลักษณะงานที่พบเห็นจะเป็นลักษณะงานที่ต้องการการสื่อสารระยะไกลเช่น ในกระบวนการผลิตรถยนต์ ระบบชำระเงินอัตโนมัติของทางด่วน

2.1.2.2 ระบบRFID ที่จำแนกโดยความถี่ของการรับส่งข้อมูล

1) LF (Low Frequency) ความถี่ตั้งแต่ 30-300 kHz

2) HF (High Frequency) หรือ RF (Radio Frequency) ความถี่ตั้งแต่ 3-30 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) UHF (Ultra High Frequency) ความถี่ตั้งแต่ 300M-3GHzหรือ Microwave ความถี่ตั้งแต่ 3GHz ขึ้นไป

2.1.2.3 ระบบRFID ที่จำแนกโดยกระบวนการที่ใช้ในการส่งสัญญาณกลับไปที่ Reader

1) การสะท้อนกลับของสัญญาณ (Reflection / Backscatter) โดยที่ใช้ความถี่เดียวกันกับที่ถูกส่งมาจาก Reader

2) Load Modulation เป็นการเปลี่ยนแปลงโหลดของ Transponder แล้วส่งผลกระทบต่อสนามของ Reader (Reader Field)

3) ใช้ Sub Harmonics คือเป็นการนำความถี่ที่ส่งมาจาก Reader มาหารแล้วส่งกลับไป

2.1.2.4 ระบบRFID ที่จำแนกตามความสามารถของระบบ

1) ระบบอ่านอย่างเดียว(Read Only System)

ถือว่าเป็นระบบที่ Low end ที่สุด Tags มีข้อมูลซึ่งจะอยู่ในรูปของ Serial Numberและไม่สามารถเขียนข้อมูลใหม่ลงไปได้เหมาะกับงานที่ต้องการอ่านอย่างเดียวเพื่อแยกแยะความแตกต่างของสินค้าหรือบุคคลระบุชนิดของสินค้า Pallets หรือตู้คอนเทนเนอร์มีราคาต่ำความถี่ที่ใช้งานจะอยู่ที่ต่ำกว่า 135 KHz หรือ 2.45 GHz

2) ระบบอ่านเขียน(Read-Write System)

จะจัดอยู่ Mid-range ของระบบ RFID Tags สามารถเขียนข้อมูลซ้ำได้ โดยความจุจะอยู่ที่ 16 ไบต์จนถึงมากกว่า 16 กิโลไบต์ หน่วยความจำที่ใช้จะเป็นชนิด EEPROMหรือ SRAM ความถี่ที่ใช้งานจะเป็น 135 KHz, 13.56 MHz, 27.125 MHz และ 2.45GHz

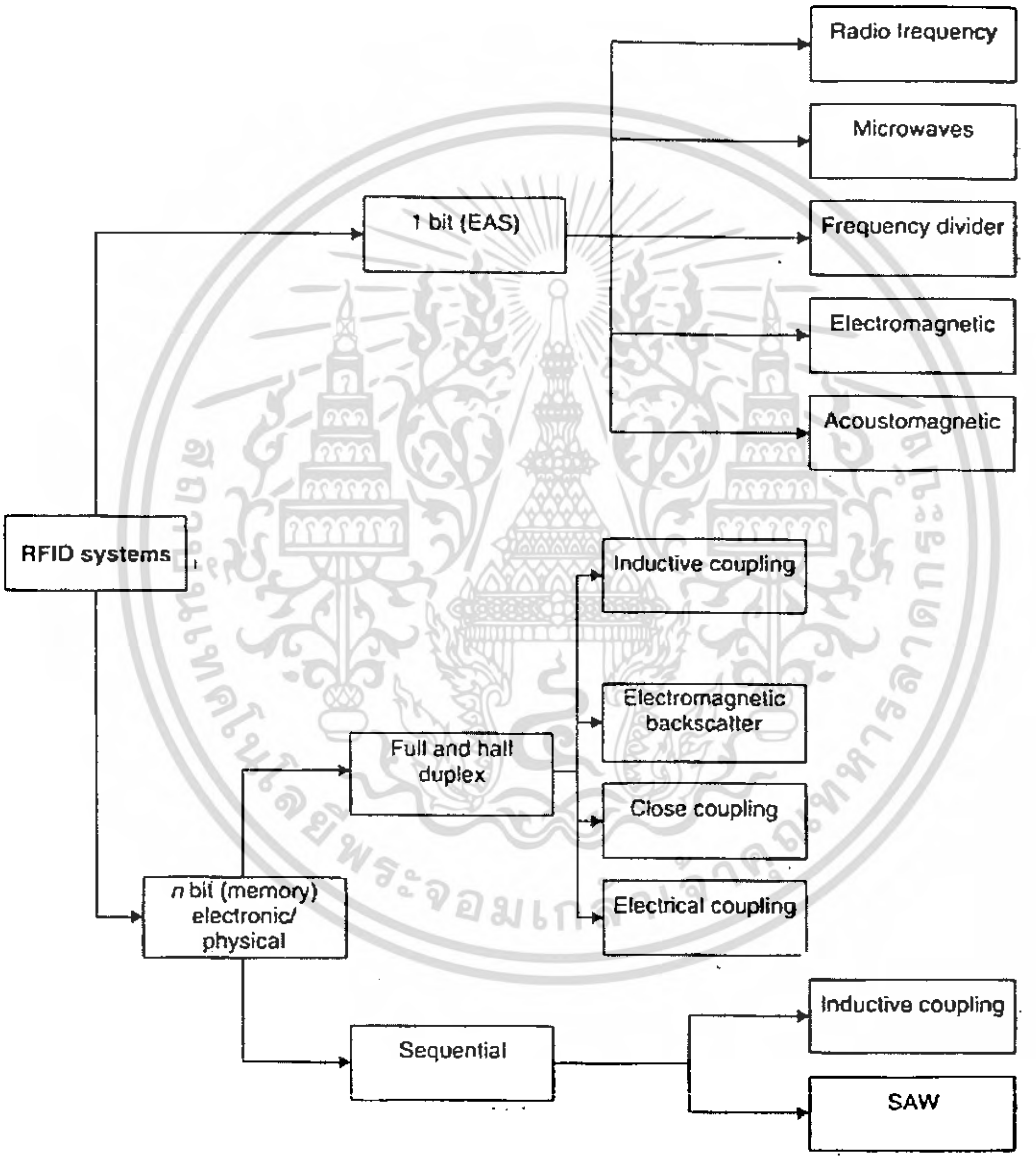
3) ระบบไมโครโปรเซสเซอร์(Microprocessor System)

ระบบนี้จะจัดอยู่ประเภท High end เพราะมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวประมวลผลใน Tags สามารถประยุ กต์ใช้งานที่หลากหลายและมี ฟังก์ชันการสร้างรหัสลั บ(Cryptological Functions) สามารถนำไปใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการรักษาความปลอดภัยส่วนมากระบบนี้จะใช้ย่านความถี่ที่ 13.56 MHz หน่วยความจำที่ใช้งานจะมีขนาดตั้งแต่น้อยๆ จนถึง 16 กิโลไบต์ และหน่วยความจำจะเป็นชนิด EEPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3หลักการทำงานพื้นฐานของระบบRFID

ในระบบRFIDนี้จะแบ่งการสื่อสารกันระหว่าง Reader กับ Transponder ออกเป็น2 แบบ คือ **1**.แบบที่มีหน่วยความจำอยู่ภายใน1-bit **2**.แบบที่มีหน่วยความจำอยู่ภายในตั้งแต่หลัก Byte ไปจนถึง Kilo Byte ซึ่งจะแสดงเป็น Block diagram ได้ดังรูปที่2.4



รูปที่2.4 รูปแบบการสื่อสารกันระหว่าง ReaderกับTransponder

1. แบบที่มีหน่วยความจำอยู่ภายใน1-bit(1 Bit Transponder)เป็นTransponderที่มีข้อมูลอยู่น้อยที่สุดหรือในอีกนัยหนึ่งสามารถแสดงผลได้เพียง 2 ค่าเท่านั้นคือ มี Transponder อยู่ในระยะทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือไม่มี Transponder อยู่ในระยะทำการซึ่งเป็นระบบที่ง่ายที่สุดแต่ก็มีการใช้อย่างแพร่หลายที่สุด เช่นในการรักษาความปลอดภัยหรือการป้องกันขโมยซึ่งจะแบ่งการทำงานได้เป็น5แบบดังนี้

1.1) Radio Frequency

การใช้งาน RFID ในย่านความถี่วิทยุนั้นสามารถใช้ทฤษฎีการสั่นพ้อง (Resonance) ของวงจรLC ได้ โดยที่หลักการคือเมื่อ LC Resonant Circuit (เราใช้เป็น Antenna ของ Transponder) ถูกนำเข้ามาในระยะทำการของ Reader (Reader จะส่งสัญญาณออกมาที่ความถี่ที่กำหนดไว้) พลังงานจากคลื่นวิทยุที่ส่งออกมาจาก Reader จะถูกเหนี่ยวนำโดย LC Circuit ตามกฎของฟาราเดย์ ถ้าความถี่ที่ส่งออกมาจาก Reader นั้น Match กันกับความถี่ Resonance ของ LC Circuit ก็จะมีกระแสไหลในทิศทางที่กระแสของ Transponder นั้นจะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีทิศทางตรงข้ามกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Radio Frequency) ที่ส่งออกมาจาก Reader ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ตัวส่ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นการบอกให้รู้ว่ามี Transponder เข้ามาอยู่ในระยะทำการแล้ว

1.2)Microwave

การใช้งาน 1 Bit RFID ในย่านไมโครเวฟนั้นใช้ความรู้ในเรื่องของการสร้างความถี่ฮาร์โมนิกส์รองของอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นโดยที่ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อสร้างฮาร์โมนิกส์รอง โดยที่หลักการคือนำไดโอดมาต่อกับ Dipole Antenna (เสาอากาศแบบไดโพล) โดยเมื่อ Antenna ได้รับสัญญาณจาก Reader แล้วก็ส่งต่อไปที่ไดโอดแล้วด้วยความไม่เป็นเชิงเส้นของไดโอดก็จะทำให้เกิดความถี่ฮาร์โมนิกส์รองขึ้นมาแล้วมีการส่งกลับออกไป เมื่อ Reader ได้รับสัญญาณความถี่ที่เป็นฮาร์โมนิกส์รองก็จะ Detect ได้ (ต้องมีการ Set ตัว Receiver ของ Reader ให้รับได้ที่ความถี่ฮาร์โมนิกส์รองนั้นด้วย) เช่น Reader ส่งสัญญาณความถี่ 2.4 GHz ออกมา เมื่อ Transponder ถูกนำเข้ามาในระยะทำการ Transponder จะรับสัญญาณมาแล้วส่งต่อไปที่ไดโอด ไดโอดจะสร้างฮาร์โมนิกส์รองขึ้นมาเช่นความถี่ 4.8 GHz แล้วความถี่นี้ก็จะถูกส่งออกไปที่ Reader แล้วเมื่อ Reader ที่ตั้งค่า Receiver ไว้ที่ความถี่ 4.8 GHz ได้รับสัญญาณที่ส่งมาจาก Transponder แล้วก็สรุปได้ว่ามี Transponder อยู่ในระยะทำการ

1.3) Frequency Divider

หลักการของ Frequency Divider นั้นจะคล้ายกับ Microwave โดยที่สัญญาณที่ถูกส่งออกมาจาก Reader นั้นจะได้รับการหารความถี่โดยวงจรที่อยู่ใน Transponder แล้วทำการส่งกลับไปที่ Reader อีกครั้ง ซึ่งวิธีการนี้เป็นการป้องกันการรับค่าที่ไม่ถูกต้องของ Reader สัญญาณรบกวนจะถูกแบ่งแยกออกจากสัญญาณจริงโดยสิ้นเชิงโดยที่สัญญาณรบกวนจะมีค่าความถี่ตรงกับสัญญาณจริงก็จะถูกรับที่ Reader แต่ไม่ถูกนำไปใช้เพราะมีการ Modulate คนละแบบกันกับที่ใช้ในระบบ

1.4) Electromagnetic Type

การใช้งาน Electromagnetic Type นั้นจะใช้การเพิ่มสัญญาณความถี่ที่สูงกว่าสัญญาณจริงเข้าไปที่สัญญาณที่ Transponder รับมาจาก Reader โดยที่ความไม่เป็นเชิงเส้นของแผ่น Amorphous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Metal ทำให้เกิดการบวกกันและลบกันของความถี่ และส่งกลับไปที่ Reader โดยที่ Readcr จะทำการตั้งค่าให้รับค่าที่เป็นค่าการบวกหรือการลบกันของความถี่ไว้แล้ว

1.5) Acustomagnetic

Acustomagnetic จะใช้ประโยชน์ในเรื่องของสาร Ferromagnetic ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงความยาวเล็กน้อยภายใต้อิทธิพลของสนามแม่เหล็ก H โดยที่ปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า Menetostriction การที่สาร Ferromagnetic มีการเปลี่ยนแปลงทางความยาวนั้นเป็นการก่อให้เกิดการสร้างสัญญาณ(Oscillation) ที่ความถี่ Resonant ของสาร Ferromagnetic ถ้าเราเปิดและปิดสัญญาณที่ส่งออกมาจาก Reader สลับกันเรื่อยๆก็จะเกิดการ Oscillate ของ Transponder อย่างต่อเนื่องซึ่งความถี่ที่ส่งออกมานี้สามารถตรวจจับได้โดย Receiver ของ Reader

2. แบบที่มีหน่วยความจำอยู่ภายในตั้งแต่หลัก Byteไปจนถึง Kilo Byte

2.1 Full Duplex และ Half Duplex

กระบวนการ Half Duplex นั้นการส่งข้อมูลจาก Reader ไปที่ Transpondcr และการส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader นั้นจะไม่เกิดขึ้นพร้อมกันโดยที่ความถี่ต่ำกว่า 30 MHz จะนิยมการส่งข้อมูลจาก Transponder ไปหา Reader โดยใช้วิธี Load Modulation ทั้งแบบใช้คลื่นพาห์รอง (Sub Carrier) หรือไม่ก็ตาม วิธี Load Modulation นี้เป็นการสร้างผลกระทบโดยตรงต่อสนามแม่เหล็กของ Reader ทำให้เรียกวิธีนี้ว่า Harmonic Procedure

ในส่วนของ Full Duplex นั้นการส่งข้อมูลระหว่าง Reader กับ Transponder จะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน โดยวิธีการส่งข้อมูลจาก Transponder กลับไปหา Reader นั้นจะเป็นการหารความถี่ของ Reader ลงหรืออาจจะใช้ความถี่ที่ไม่เกี่ยวกับความถี่ที่ถูกส่งมาจาก Reader เลยก็ได้ซึ่งจะแบ่งการทำงานของกระบวนการทั้งสองนี้ได้เป็น4 แบบดังนี้

1) Inductive Coupling

1.1) การจ่ายพลังงานให้กับ Passive Transponder

เนื่องจากเป็น Passive Transponder พลังงานที่ใช้ในการทำงานจึงต้องมาจาก Reader เท่านั้นโดย Reader จะส่งสัญญาณออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสนามแม่เหล็ก H ส่วนหนึ่งของเส้นแรงแม่เหล็กจะคล้องผ่านขดลวด Antenna ของ Transponder ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น เมื่อเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น ที่ Antenna ของ Transponder ก็จะเกิดกระแสเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์ แล้วก็จะนำไปผ่านวงจร Rectifier และ Regulator เพื่อเป็นพลังงานให้กับภาคต่อๆไปของ Transponder โดยที่เราสามารถเพิ่ม C เข้าไปขนานกันกับ Coil ของ Antenna ทำให้เป็นการทำให้เกิดความถี่ Resonant ขึ้นจะทำให้ได้สัญญาณที่ภาครับใหญ่ขึ้น และจากหลักการที่ความยาวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Antenna ควรจะมีค่าเป็น½ เท่าของค่าความยาวคลื่นของสัญญาณ ดังนั้นเมื่อสัญญาณมีความถี่สูงขึ้น เราก็สามารถออกแบบให้ Antenna มีความยาวที่สั้นลงได้

1.2) การส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader

การส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader วิธีที่เป็นที่นิยมคือ

Load Modulation การใช้วิธีนี้นั้นสามารถใช้ทฤษฎีที่การเชื่อมต่อกันของ Reader กับ Transponder นั้นคล้ายกับหม้อแปลงโดยที่ฝั่ง Reader เป็น Primary และฝั่ง Transponder เป็น Secondary ถ้าระยะระหว่าง Reader และ Transponder มีค่าไม่เกิน 0.16λ การเหนี่ยวนำจะคล้ายกับการเหนี่ยวนำของหม้อแปลงที่มีแกนเป็นอากาศโดยที่ Reader จะมองเห็นค่าความต้านทานของ Antenna ของ Transponder เป็น Z_T โดย Load Modulation จะทำให้ค่าความต้านทานที่มองเห็นของ Reader มีค่าเปลี่ยนไป และยังทำให้แรงดันที่ปรากฏขึ้นที่ Receiver ของ Reader มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าข้อมูลของ Transponder เป็นตัวที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของ Load แล้ว จะทำให้ Reader สามารถรับค่าการเปลี่ยนแปลงนั้นนั้นแล้วนำไป Demodulate เป็นข้อมูลจริงๆได้

Load Modulation with Sub Carrier เนื่องจากการเหนี่ยวนำที่ได้ผลน้อยทำให้ Transponder ได้รับพลังงานน้อย ค่าสัญญาณที่ส่งกลับมาที่ Reader จึงมีค่าเล็ก การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเล็กๆนั้นต้องใช้วงจรที่มีความซับซ้อนมาก จึงมีการนำวิธีการ Modulate ด้วย Subcarrier มาใช้การสร้าง Sub Carrier นั้นทำได้โดยที่การเปลี่ยนแปลงค่า Load เปิดหรือปิดจะทำด้วยความถี่ค่าหนึ่ง (ต้องน้อยกว่าความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณจริง) ความถี่ที่ใช้ในการ Switch นั้นจะก่อให้เกิด Spectrum ความถี่ใหม่รอบๆความถี่เดิมที่ใช้ส่งโดยถ้าให้ความถี่ที่ใช้ในการ Switch เป็น f_s ค่าความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะเป็น $f \pm f_s$ โดยหลังจากการส่งสัญญาณออกไปที่ Reader แล้ว ที่ Receiver ของ Reader จะพบสัญญาณ f ที่ขนาบข้างมาด้วย Sideband ความถี่ $\pm f_s$ สัญญาณที่ถูก Modulate มากับ Sideband นั้นสามารถเป็นแบบ ASK , FSK หรือ PSK โดยที่ Sideband นั้นจะถูกแยกออกจากความถี่หลักโดยวงจร Bandpass Filter แล้วนำ Sideband ที่ได้ไปขยายแล้ว Demodulate ต่อไป

2) Electromagnetic Backscatter Coupling

2.1) การจ่ายพลังงานให้กับ Passive Transponder

Electromagnetic Backscatter Coupling เป็นการใช้สัญญาณที่ความถี่สูงระดับ UHF โดยที่ความถี่นี้ Transponder ก็ยังใช้การรับสัญญาณผ่าน Antenna แต่ว่าจะมีข้อแตกต่างจาก Inductive Coupling ตรงที่การเหนี่ยวนำจะเป็นการเหนี่ยวนำทางสนามแม่เหล็กเพียงอย่างเดียวไม่มีสนามไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องและขนาดของ Antenna จะมีขนาดเล็กกว่ามากเนื่องจากความถี่ที่ใช้งานสูงกว่านั่นเอง

2.2) การส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader

จากทฤษฎีที่ว่าคลื่นจะถูกสะท้อนกลับเมื่อไปกระทบกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นของตัวเอง เมื่อมีสัญญาณจาก Reader มากระทบกับ Antenna ก็จะเกิดการสะท้อน

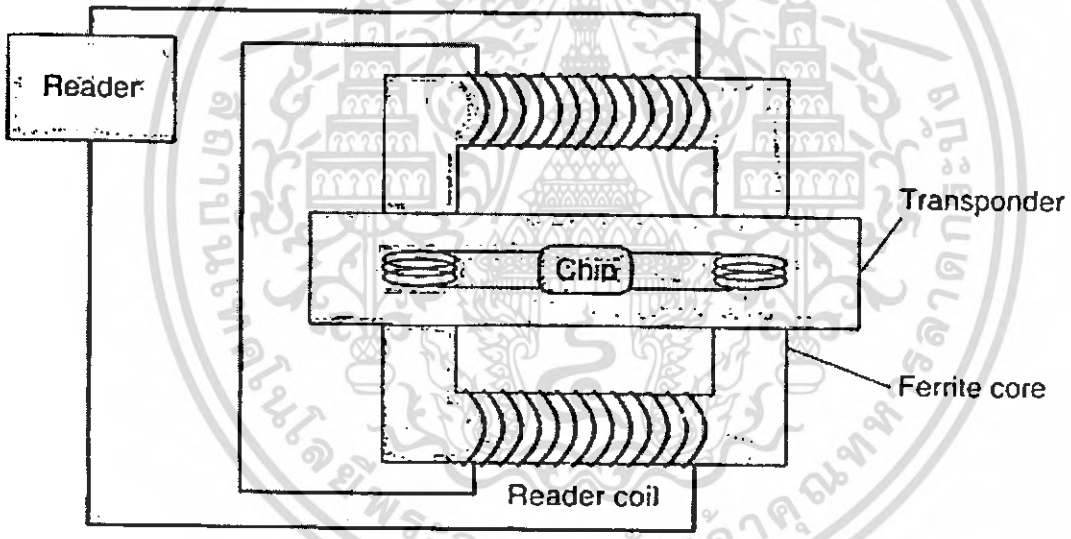
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ค่าสัมประสิทธิ์การการสะท้อนค่าหนึ่งซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่ต่อเป็นโหลดของ Antenna ของ Transponder โดยถ้าการเปลี่ยนแปลงค่าโหลดถูกควบคุมโดยข้อมูลของ Transponder ค่าข้อมูลนั้นก็จะถูกส่งไปที่ Reader เช่นกัน

3) Close Coupling

3.1) การจ่ายพลังงานให้กับ Passive Transponder

การจ่ายพลังงานให้กับ Transponder นั้นก็ยังใช้การเหนี่ยวนำอยู่ซึ่งใน Close Coupling นั้นจะมีการรับงานของ Transponder ที่มากเนื่องจากระยะทางระหว่าง Transponder กับ Reader นั้นใกล้กันหรือชิดกันเลยและยังสามารถเพิ่มพลังงานได้โดยการเพิ่มความถี่ของ reader ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการนำแกน Ferrite มาเป็นแกนของ Coil ของ Reader อีกด้วยเพื่อลดการสูญเสีย Close Coupling มีข้อดีต่อ Transponder ที่ต้องการกำลังงานมากๆซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่2.5



รูปที่2.5 แสดงการจ่ายพลังงานของReaderให้กับTransponderซึ่งใช้การเหนี่ยวนำแบบ Close Coupling

3.2) การส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader

การส่งข้อมูลไปยัง Reader ก็จะใช้วิธีการ Load Modulation หรืออาจจะเป็น Capacitive Coupling

4) Electrical Coupling

4.1) การจ่ายพลังงานให้กับ Passive Transponder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจ่ายพลังงานให้กับ Transponder นี้ Reader จะสร้างสนามไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงมากในระดับ 100 โวลต์ โดยสร้างจากวงจร Resonant ของ Reader โดยที่ Antenna ของ Transponder จะสร้างจากแผ่น Electrode 2 แผ่นวางประกบ Transponder อยู่ ซึ่งถ้า Transponder เข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้าของ Reader เมื่อไร ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าให้เกิดขึ้นบน Electrode ทำให้มีพลังงานไปให้กับ Transponder

4.2) การส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader

การส่งข้อมูลจาก Transponder ไปที่ Reader จะทำโดยวิธี Load Modulation ดังที่กล่าวไว้แล้ว

4.3) การส่งข้อมูลจาก Reader ไปที่ Transponder

ในการส่งข้อมูลในแบบ Half Duplex และ Full Duplex จาก Reader ไปที่ Transponder จะมีทั้งหมด 3 แบบคือ

- ASK : Amplitude Shift Keying
- FSK : Frequency Shift Keying
- PSK : Phase Shift Keying

โดยที่ RFID ส่วนใหญ่ใช้การส่งแบบ ASK

2.2 Sequential Procedure

ถ้าการส่งสัญญาณจาก Reader ไปที่ Transponder เป็นการส่งสัญญาณสลับกันเราจะเรียกวิธีนี้ว่า Sequential

2.1.4 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในระบบ RFID

1. Magnetic Field (สนามแม่เหล็ก)

1.1 ความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Strength : H)

ประจุทุกๆตัวที่มีการเคลื่อนที่จะเกี่ยวข้องกับ สนามแม่เหล็กทั้งหมดโดยที่เมื่อมีประจุวิ่งก็จะเกิดกระแสไหลแล้วก็จะเกิดสนามแม่เหล็กในทิศทางตามกฎมือขวาโดยที่ขนาดของสนามแม่เหล็กนั้นสามารถแสดงได้ในเทอมของ "ความเข้มของสนามแม่เหล็ก" (H)

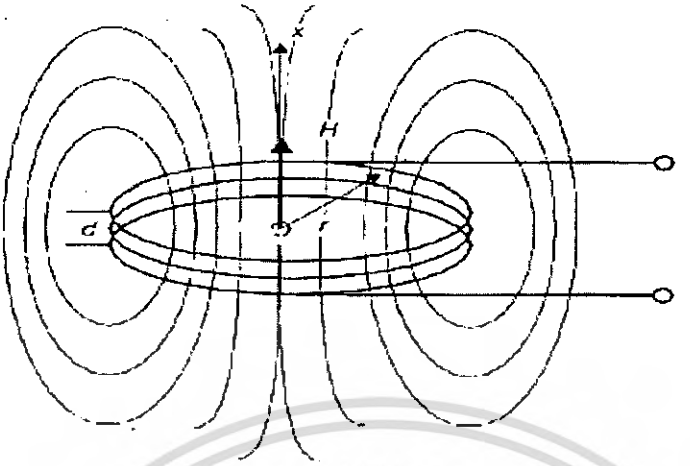
$$\sum I = \oint \vec{H} \cdot \vec{ds}$$

และเราสามารถหาค่าของความเข้มสนามแม่เหล็ก H รอบตัวนำที่เป็นเส้นตรงที่ระยะทาง r ห่างจากตัวนำได้ดังนี้

$$H = \frac{1}{2\pi r}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่เป็นวงกลมจะมีลักษณะดังรูปที่2.6



รูปที่2.6 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำที่เป็นวงกลม

โดยที่ x เป็นทิศทางการวิ่งของสนามแม่เหล็ก

จากรูปเราสามารถคำนวณหาความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ระยะทาง x ต่างๆได้จากสูตร

$$H = \frac{I \cdot N \cdot R^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}}$$

โดยที่ N : จำนวนรอบของ Coil

R : รัศมี r ของ Coil

x : ระยะจาก Coil ไปในทิศทาง x

ในส่วนของรัศมีที่พอเหมาะของ Antenna ที่มีลักษณะเป็น Loop จะมีค่าประมาณ 2 เท่าของระยะทำการสูงสุด แต่ในการออกแบบรัศมีของ Antenna จะต้องคำนึงถึงค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กต่ำสุดที่ Transponder สามารถทำการได้ด้วยเนื่องจากถ้าออกแบบให้ Antenna มีรัศมีมากเกินไปจะทำให้ระยะทำการกว้างและจะมีค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อยเกินไปนั่นเอง

1.1.1 Optimal Antenna Diameter

ในการออกแบบรัศมีของ Coil นั้นจะมีค่ารัศมีของ Coil ที่เหมาะสมอยู่โดยที่ขึ้นอยู่กับระยะทาง x ที่เราต้องการวัดความเข้มของสนามแม่เหล็ก H ซึ่งนั่นหมายความว่าทุกๆระยะทางของระบบ RFID จะมีค่ารัศมีที่เหมาะสมของ Coil อยู่ โดยถ้าเราให้ Coil มีรัศมีมากเกินไปค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กจะมีค่าต่ำมากแม้ที่ระยะทาง x = 0 ก็ตาม แต่ถ้ารัศมีมีค่าน้อยเกินไปเราก็จะสามารถรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ยากเพราะค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กจะมีการลดทอนอย่างรวดเร็วมากเมื่อเทียบกับระยะทางโดยที่เป็นอัตราส่วนของ x^3 ซึ่งค่ารัศมีของ Coil ที่เหมาะสมที่สุดคือสองเท่าของระยะทางที่เราต้องจะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เส้นแรงแม่เหล็กและความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก(Magnetic Flux and Magnetic Flux Density)

เส้นแรงแม่เหล็ก(ϕ) เป็นเส้นที่เป็นคล้ายกับสิ่งที่นำพาสนามแม่เหล็กโดยที่ใดมีเส้นแรงแม่เหล็กก็จะมีสนามแม่เหล็ก

$$\phi = B \times A$$

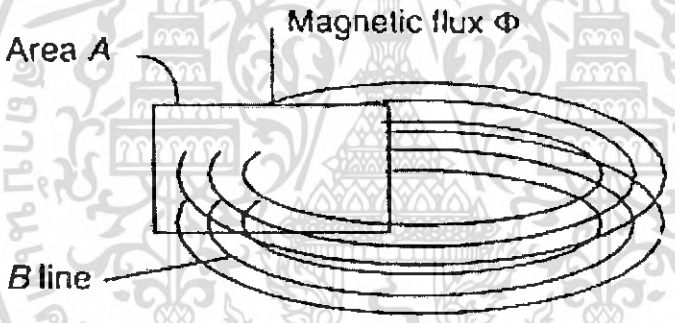
โดยที่ B คือค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

A คือพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

โดยที่ μ_0 คือค่าความนำทางแม่เหล็กของสุญญากาศ

μ_r คือค่าความนำทางแม่เหล็กสัมพัทธ์ตัวกลาง



รูปที่2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เส้นแรงแม่เหล็ก(ϕ) กับ ค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่(B)

1.3 ค่าความเหนี่ยวนำของตัวนำ (L of Conductor Loop)

สำหรับตัวนำที่มีลักษณะเป็นวงกลมและมีการแสไหลผ่านตัวนำนั้นจะเกิดสนามแม่เหล็กตามกฎของฟาราเดย์โดยที่จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก(φ) สามารถหาได้จาก

$$\varphi = \sum_N \phi_N = N \cdot \phi = N \cdot \mu \cdot H \cdot A$$

และจากนิยามที่ว่าอัตราส่วนของจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก(φ) ที่ถูกล้อมรอบด้วยกระแส(I) ต่อกระแส (I) ที่ล้อมรอบมันจะเรียกว่าความเหนี่ยวนำ(L)

$$L = \frac{\varphi}{I} = \frac{N \cdot \varphi}{I} = \frac{N \cdot \mu \cdot H \cdot A}{I}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 Mutual Inductance (M)

Mutual Inductance คือการที่มี Coil 2 ตัวมาอยู่ในระยะที่ใกล้กันแล้วการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กของ Coil ตัวหนึ่งส่งผลผ่านไปที่ Coil อีกตัวหนึ่งผ่านการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก

$$M_{21} = \frac{\varphi_{21}(I_1)}{I_1} = \oint_{A2} \frac{B_2(I_1)}{I_1} \cdot dA_2$$

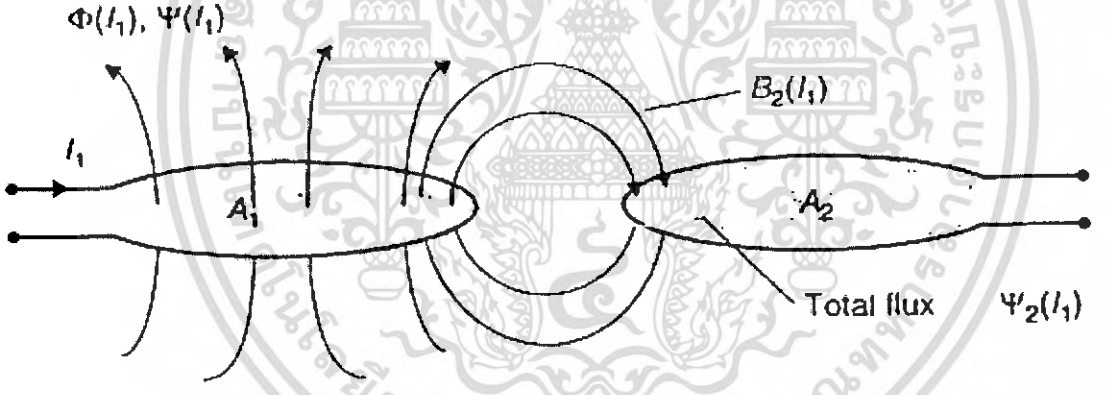
โดยที่ M_{21} คือค่า Mutual Inductance ของ Coil ที่ 2 ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของ Coil ที่ 1 และจากการที่ Coil เป็นตัวนำชนิดเดียวกันและมีการเหนี่ยวนำผ่านตัวกลางเดียวกันดังนั้น

$$M = M_{12} = M_{21}$$

และจากการคำนวณจะได้

$$M_{12} = \frac{B(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1} = \frac{\mu \cdot H(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1}$$

โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่2.8



รูปที่2.8 Mutual Inductance ของ Coil ที่ 2 ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของ Coil ที่ 1

1.5 Coupling Coefficient (k)

ค่า k เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการเหนี่ยวนำกันของ Coil 2 ตัวโดยที่

$$k = \frac{M}{\sqrt{L1 \cdot L2}}$$

1.6 กฎของฟาราเดย์

กฎของฟาราเดย์กล่าวว่าทุกๆการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็ก φ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า E ตัวอย่างการเกิดการเหนี่ยวนำตามกฎของฟาราเดย์การเกิดการเหนี่ยวนำสามารถแยกออกได้เป็น 2 แบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.1 1 Self inductance : การเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระแส di_n/dt ก่อให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดัน u_n ในขดลวดตัวเอง

1. 6.2 Mutual inductance : การเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกระแส di_n/dt ก่อให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดัน u_n ในขดลวดตัวนำ(L_m)ที่อยู่ใกล้ๆกัน โดยที่ขดลวดทั้ง 2 จะมีการเหนี่ยวนำซึ่งกันและกัน

เส้นแรงแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาในขดลวด L_1 จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดัน u_{2i} ที่ขดลวดตัวนำ L_2 เนื่องมาจาก Mutual Inductance : M ซึ่งการไหลของกระแสจะทำให้เกิดแรงดันที่ตกคร่อม R_2 ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน R_L จะสามารถคำนวณได้จาก $\frac{u_2}{R_L}$ และกระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำของ L_2 จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กในทิศตรงข้ามกับฟลักซ์ Ψ_1 ซึ่งสามารถคำนวณได้แรงดัน u_2

$$u_2 = +\frac{d\Psi_2}{dt} = M\frac{di_1}{dt} - L_2\frac{di_2}{dt} - i_2R_2$$

โดยที่ในความเป็นจริง i_1 และ i_2 เป็น Sinusoidal ดังนั้นเราสามารถเขียนใหม่ในรูป Complex ได้เป็น

$$u_2 = j\omega M \cdot i_1 - j\omega L_2 \cdot i_2 - i_2R_2$$

และถ้าเราแทนค่า i_2 ด้วย u_2/R_L เราจะได้สมการของ u_2เป็น

$$u_2 = \frac{j\omega Mi_1}{1+\frac{j\omega L_2 + R_2}{R_L}}$$

โดยที่ถ้า R_L = infinity : $u_2 = jwMi_1$

$R_L = 0 : u_2 = 0$

1. 7 Resonance (การสั่นพ้อง)

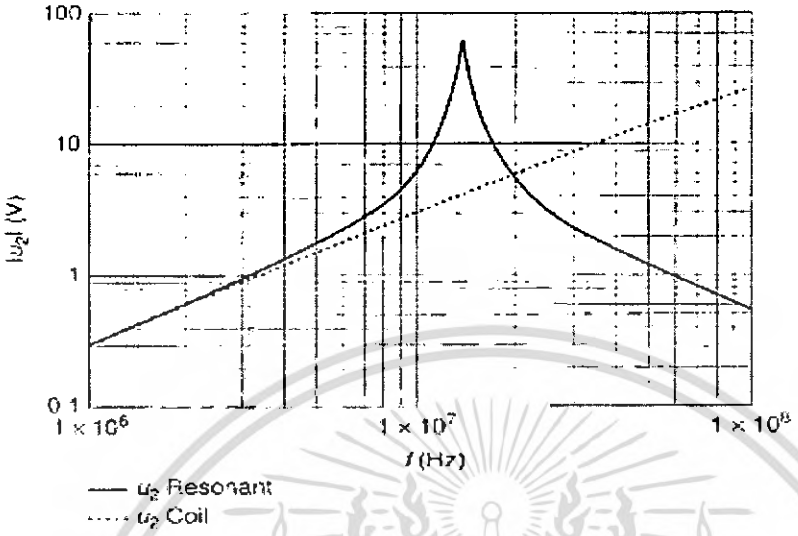
วงจร Resonant คือวงจรที่ประกอบไปด้วย R, L และ Cโดยที่ความถี่ Resonance คือค่าความถี่ที่ทำให้Impedance ของ L และ C มีค่าเท่ากันและจาก Phase ของอุปกรณ์ทั้ง 2 ตัวจะทำให้ค่า Impedance ของทั้ง 2 ตัวหักล้างกันหมด โดยที่ในการสร้าง Antenna ของ Transponder จะใช้ LC ต่อแบบขนานซึ่ง

$$f_{RES} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

ถ้าเรา Plot กราฟความถี่ตั้งแต่น้อยมากไปจนถึงค่าสูงมากๆโดยที่เปรียบเทียบกับ Antenna ที่ไม่มีการใช้วงจร Resonance จะพบว่าที่ค่าความถี่ต่ำๆทั้ง 2 วงจรจะมีค่าแรงดันที่เหนี่ยวนำได้ใกล้เคียงกันแต่จะที่ความถี่ Resonant ค่าแรงดันที่เหนี่ยวนำได้จากวงจร Resonance จะมีค่าสูงขึ้นไปอีกหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 เท่าแต่หลังจากนั้นค่าแรงดันที่เหนี่ยวนำได้จากวงจร Resonance จะตกลงอย่างรวดเร็วมาก ต่างกับ Antenna ที่ไม่ได้เพิ่ม C แรงดันจะมีการเพิ่มอย่างคงที่ที่ความถี่สูงขึ้นเรื่อยๆแสดงได้ดังรูปที่2.9



รูปที่2.9 กราฟเปรียบเปรียบเทียบกับ Antenna ที่ไม่มีการใช้วงจร ResonanceกับAntenna ที่มีการใช้วงจร Resonance

Q factor : เป็นการศึกษาผลของ R_2 , R_L , L_2 ต่อค่า u_2 โดยที่ Q factor คือการวัดค่าแรงดันและค่ากระแสที่เพิ่มขึ้นที่ความถี่ resonant ซึ่งค่า 1/Q แสดงถึงการลดทอนของวงจร(Circuit Damping : d) หมายความว่าถ้าค่า Q factor มีค่ามาก แรงดัน u_2 ที่เหนี่ยวนำได้ก็จะมีค่ามาก แต่ถ้า Q factor มีค่าน้อย แรงดัน u_2 ที่เหนี่ยวนำได้ก็จะมีค่าน้อยนั่นเอง

$$Q = \frac{1}{R_2 \cdot \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} + \frac{1}{R_L} \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} = \frac{1}{\frac{R_2}{\omega L_2} + \frac{\omega L_2}{R_L}}$$

- ถ้า R_2 => infinity และ R_L => 0 ค่าของ Q factor จะมีค่าเข้าใกล้ 0 ทำให้ u_2 มีค่าเข้าใกล้ 0
- ถ้า R_2 => 0 และ R_L => infinity ค่าของ Q factor จะมีค่าเข้าใกล้ infinity ทำให้ u_2 มีค่าสูงมากๆซึ่งขึ้นอยู่กับวงจรเรโซแนนต์

1.8 Transponder ในทางปฏิบัติ (Practical Operation of the Transponder)

1.8.1 การจ่ายพลังงานให้กับ Transponder (Power Supply to the Transponder)

การใช้พลังงานของ Transponder นั้นแบ่งเป็น 2 แบบคือแบบ Active (Transponder มีแบตเตอรี่สำรองอยู่แล้ว) และแบบ Passive (Transponder ต้องการพลังงานจาก Reader)

72758
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Active Transponder : จะมีแบตเตอรี่ไว้สำหรับเลี้ยง Memory ภายในโดยต้องการสัญญาณ Wake-up จาก Reader มาใช้บอกให้เริ่มการทำงานและเมื่อทำงานเสร็จ(จบการติดต่อกับ Reader) ก็จะกลับเข้าสู่Mode Stand By

2) Passive Transponder : ไม่มีแบตเตอรี่ภายใน จึงต้องการพลังงานจาก Reader ผ่านการเหนี่ยวนำแล้วนำไปผ่านวงจร Low Loss Rectifier และวงจร Regulator

1. 8.2 Voltage Regulation

ในการสร้างจ่ายแรงดันให้กับวงจรส่วนต่างๆของ Transponder นั้นจะนำแรงดันที่เหนี่ยวนำได้มาจากReader มาจ่ายเลยไม่ได้เนื่องจากแรงดันที่ได้จากการเหนี่ยวนำอาจจะสูงเกินไปหรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงสูงเกินไปที่วงจรใน Transponder จะสามารถรับได้จึงต้องมีการนำแรงดันที่ได้จากการเหนี่ยวนำมาผ่านวงจรแรงดันคงที่หรือ Regulator เพื่อสร้างแรงดันที่คงที่ให้กับ Transponder ซึ่งโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 3-5 โวลต์ โดยที่ใช้หลักการการต่อค่าความต้านทานขนานกับโหลด โดยที่ค่าความต้านทานนี้จะมีค่าน้อยลงเมื่อแรงดันอินพุทมีค่าเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการลดค่า Q factor ของ Transponder ทำให้แรงดัน v_2 มีค่าลดลง

1. 9 Interrogation Field Strength (H_{MIN})

H_{MIN} คือค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กที่มีค่าน้อยที่สุดที่สามารถเหนี่ยวนำให้ Transponder ทำงานได้ที่ระยะทางค่าหนึ่งๆ

1. 9.1 Energy Range of Transponder system

ระยะทำการของ Reader คือระยะทางจาก Reader ที่มากที่สุดที่มีความเข้มสนามไฟฟ้าที่พอจะทำให้ Transponder ทำงานได้ แต่ในทางกลับกันระยะทำการของระบบ RFID นั้นอาจถูกกำหนดโดยความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ส่งกลับไปที่ Reader โดยเป็นความเข้มต่ำที่สุดที่ Reader สามารถรับรู้ได้โดยที่ระยะต่ำสุดสามารถคำนวณได้จาก

$$x = \sqrt{\sqrt[3]{(\frac{I \cdot N_1 \cdot R^2}{2 \cdot H_{min}})} - R^2}$$

1. 9.2 Interrogation Zone of the Reader

พื้นที่ทำการของ Reader คือพื้นที่ทีเส้นแรงแม่เหล็กพาดผ่านไปถึง อย่างไรก็ตี Antenna ของReader ไม่ได้ส่งสัญญาณออกมาเป็นทรงกลมที่มีความหนาแน่นของเส้นแรงเท่ากันตลอด แต่จะส่งสัญญาณออกมาตามรูปร่างลักษณะของ Antenna ดังนั้น Transponder จะสามารถทำงานได้ก็ต่อเมื่อ Transponder ถูกนำไปอยู่ในระยะทำการของ Reader และวางตัวในทิศที่เหมาะสมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.10 Total Transponder – Reader System

การสื่อสารกันของ Reader และ Transponder นั้นจะทำโดยผ่านการเหนี่ยวนำแม่เหล็กตามกฎของฟาราเดย์โดยที่ทั้งฝั่ง Reader และ Transponder นั้นจะมีตัวรับ Antenna ที่เป็นการต่อวงจรแบบ Resonant Circuit โดยที่ Antenna ของ Reader จะเป็นวงจร Serial Resonant (R L และ C จะต่อกันอยู่แบบอนุกรม) แต่ที่ Antenna ของ Transponder นั้นจะเป็นการต่อแบบ Parallel Resonant ซึ่งทั้ง 2 วงจรนั้นค่า Impedance ของ L และ C จะหักล้างกันหมดทำให้แรงดันทั้งหมดตกคร่อมที่ R และทำให้ได้พลังงานสูงสุด

1.10.1 Transformed Transponder Impedance (Z_T)

ถ้า Transponder ถูกนำเข้ามาในระยะทำการของ Reader จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถตรวจจับได้โดยกระแส I_1 ที่ไหลอยู่ใน Antenna ของ Reader ซึ่งความเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลมาจากค่า Mutual Inductance ระหว่าง Coil ของ Reader และ Transponder และเพื่อให้เป็นการง่ายต่อการคำนวณเราจะสมมติให้มีค่า Impedance เสมือนเกิดขึ้นที่ฝั่ง Reader โดยจะต่ออนุกรมอยู่กับ R L และ C ของ Reader ซึ่ง Z_T จะมีค่า $j\omega M \cdot I_2$ และจากการคำนวณจะพบว่าค่าแรงดันที่ตกคร่อม R L และ C ของ Reader จะเท่ากับ

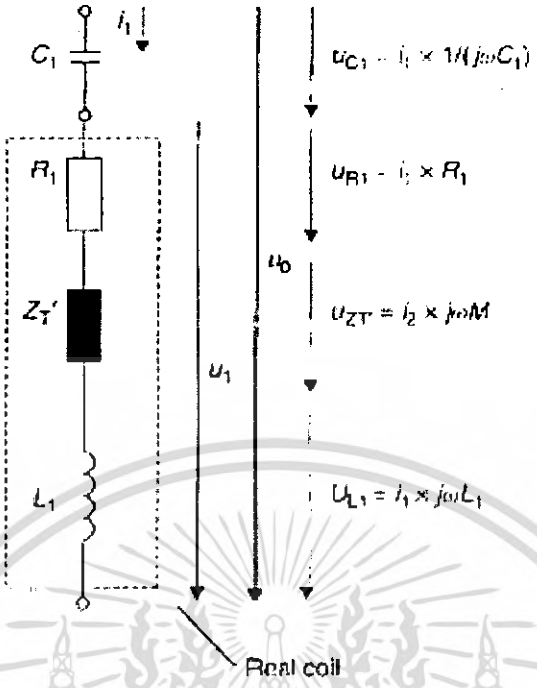
$$v = \frac{1}{j\omega c} \cdot i_1 + j\omega L_1 \cdot i_1 + R_1 \cdot i_1 - j\omega M \cdot i_2$$

ซึ่งที่ความถี่ Resonant จะได้

$$v = R \cdot i_1 - j\omega M \cdot i_2$$

และเราสามารถหาค่า Z_T ได้จากการแทนค่า M ด้วย $k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$ และแทนค่า i_2 ด้วยการคำนวณที่ Transponder จากรูปที่2.10 เป็นวงจรเสมือนของ Reader ที่มอง Impedance ของ Transponder ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำเป็น Z_T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.10 เป็นวงจรเสมือนของReaderที่มองImpedance ของ Transponder ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ เป็นZ_T

I.10.2 Influencing variable of Z_T (ปัจจัยที่มีผลต่อ Z_T)

ความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณของ Reader

- ถ้าความถี่ที่ส่งสัญญาณของ Reader เป็นความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ Resonant จะทำให้ Z_T ประพฤติตัวเป็นความเหนี่ยวนำ
- ถ้าความถี่ที่ส่งสัญญาณของ Reader เป็นความถี่ที่เท่ากับความถี่ Resonant จะทำให้ Z_T ประพฤติตัวเป็นความต้านทาน
- ถ้าความถี่ที่ส่งสัญญาณของ Reader เป็นความถี่ที่สูงกว่าความถี่ Resonant จะทำให้ Z_T ประพฤติตัวเป็นความจุไฟฟ้า

Coupling Coefficient (k)

- k = 0 หมายถึงว่า Coil L_2 ถูกนำออกไปจากระยะทำการของ Reader จะทำให้ Z_T มีค่าเป็น 0 ด้วยเช่นกันเนื่องจากไม่มีการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น
- 0 < k < 1 หมายถึงว่า Transponder ถูกนำเข้าไปใกล้กับ Reader ทำให้เกิด Z_T ขึ้นโดยที่ Z_T จะมีค่าแปลผันตรงกับ k และค่า k จะแปลผันตรงกับระยะระหว่าง Reader กับ Transponder
- k = 1 หมายถึงว่า Coil ของ Transponder วางทับบน Coil ของ Reader พอดีซึ่งกรณีนี้จะทำให้ได้ค่า Z_T มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transponder Capacitance คือค่าตัวเก็บประจุที่นำมาต่อขนานกับ Coil (L) ของ Transponder เพื่อให้เกิดการ Resonance โดยที่ค่าของ C มีผลต่อกระแส i_2 ของ Transponder จึงส่งผลต่อไปที่ Z_T ด้วยและปัจจัยที่มีผลต่อ C คือ

- ความคลาดเคลื่อนจากการผลิต
- การเปลี่ยนแปลงค่า C ที่เกิดจากโวลต์ที่ตกคร่อมอินพุทของ Transponder อันเนื่องมาจากลักษณะของ Semiconductor
- การจงใจเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุเพื่อใช้ในการสื่อสาร(จาก Transponder ไปที่ Reader) ที่เรียกว่า Capacitive Load Modulation
- การที่ค่าเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสภาพแวดล้อมเช่นโลหะ, ความชื้นในอากาศหรือแม้กระทั่งการสัมผัส

นอกจากนี้เรายังจะสามารถวิเคราะห์ค่าของ C ที่เกี่ยวกับกระแส i_2 โดยที่แบ่งเป็น 2 แบบคือ

- $C_2 = \frac{1}{\omega^2 L_2}$ ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่ตรงกับค่าความถี่ Resonant พอดีจึงทำให้ค่าของ i_2 มีค่ามากที่สุด

  และส่งผลต่อไปที่ค่าของ Z_T ให้มีค่าสูงสุดด้วยเนื่องจาก $Z_T \sim j\omega M \cdot i_2$
- $C_2 \neq \frac{1}{\omega^2 L_2}$ ซึ่งหมายความว่าเราจะได้ i_2 ที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดด้วย

Load Resistor (R_L) คือค่าความต้านทานสมมติของวงจรของ Transponder ทั้งหมด (ไม่รวม Antenna) โดยที่ค่าของ R_L จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าของ k หรืออาจกล่าวได้ว่าเปลี่ยนแปลงตามค่าของแรงดันที่เหนี่ยวนำได้ที่ Antenna ของ Transponder โดยที่ถ้าเราเหนี่ยวนำแรงดันได้มากขึ้นค่า R_L ก็จะลดลงตามค่าของ Shunt Resistor ที่ต้องการคงค่าแรงดัน (ไฟเลี้ยงของวงจร) เอาไว้

Transponder Inductance (L_2) เป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดค่า Resonant Frequency ของ Transponder จึงเป็นอีกหนึ่งอุปกรณ์ที่มีผลต่อ Z_T ด้วย

1.10.3 Load Modulation

เป็นวิธีการส่งสัญญาณจาก Transponder ไปที่ Reader โดยที่ Load Modulation แบ่งเป็น 2 แบบคือ

- Ohmic load modulation สามารถสร้างได้โดยการนำความต้านทานมาต่อขนานกับ R_L แล้วสลับเปิด-ปิดภายใต้การส่งสัญญาณของ Transponder โดยที่การเปิดหรือปิดนั้นจะถูกกำหนดโดยข้อมูลของ Transponder ที่ต้องการส่งออกไป และจากการที่ Reader มองการสื่อสารกับ Transponder แล้วสมมติให้ transponder มีค่า Impedance เป็น Z_T ดังนั้น Reader

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของ Z_T ที่เกิดจากการเปิด-ปิด ความต้านทานที่ต่ออยู่ แล้วก็จะสามารถนำไปถอดรหัสเป็นข้อมูลด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป

- Capacitive Load Modulation จากทฤษฎีที่ว่า C ที่ต่อขนานกับ L จะเป็นตัวที่กำหนดค่า Resonant Frequency ของ Transponder ซึ่งถ้าเราสลับเปิด-ปิดตัวเก็บประจุก็จะทำให้ค่า Resonant Frequency ของ Transponder เปลี่ยนสลับกันอยู่ 2 ค่าซึ่งผลของการใช้ Load Modulation แบบ Capacitive นั้นจะส่งผลต่อ Z_T ทั้ง Amplitude และ Phase

Demodulation การ Demodulate เป็นกระบวนการหลังจากที่ Transponder ส่งสัญญาณไปที่ Reader เรียบ111ร้อยแล้ว Reader จะรับสัญญาณนั้นมาแล้วทำการ Demodulate โดยที่ความถี่ต่ำกว่า 135 kHz Reader จะสามารถ Demodulate สัญญาณ Baseband ได้จากการใช้วงจร Rectifier ที่ภาครับ เพราะที่ความถี่ต่ำจะใช้สัญญาณ Baseband ในการกำหนดการเปิดหรือปิดโหลด ส่วนที่ความถี่สูงจะใช่สัญญาณ Subcarrier ที่ Modulate มากับข้อมูลก่อนแล้วมาเป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของโหลด ดังนั้นการ Demodulate จะใช้ Filter กำจัดสัญญาณ Carrier ไปก่อนแล้วนำ Subcarrier มา 1 ข้างแล้วนำมาผ่านวงจร Demodulate ก่อนจะได้สัญญาณจริงออกมา

อิทธิพลของค่า Q ต่อการส่งสัญญาณ ค่า Q จะมีผลต่อการส่งสัญญาณต่อเมื่อเราใช้สัญญาณที่ความถี่สูงเท่านั้นเพราะที่ความถี่สูงต้องการใช้ Subcarrier โดยที่

$$B = \frac{f_{RES}}{Q}$$

ซึ่งเราจะเห็นว่า Bandwidth จะแปลตรงข้ามกับ Q แล้วถ้า Q สูงเกินไปจะทำให้ Bandwidth แคบแล้ว Sideband ของสัญญาณที่ส่งก็จะมีขนาดเล็กเกินไปและอาจทำให้ Reader ไม่สามารถรับได้ Transponder จึงอาจต้องปรับเลื่อนความถี่ Resonant ไปที่ความถี่ที่ต่างออกไปจาก Resonant เล็กน้อยเพื่อเพิ่มขนาดของ Sideband

2. Electromagnetic Wave

2.1 Generation of an Electronic Wave

การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเกิดขึ้นได้จากการที่มีคลื่นความถี่ค่าหนึ่งเดินทางด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสงเป็นอย่างน้อยโดยความสัมพันธ์คือ

$$v = f\lambda$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Transition from near field to far field in conductor loop

การที่ตัวนำวงกลม(Loop Coil) มีกระแสไหลภายในนั้นจะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยที่เราจะแบ่งแยกพื้นที่ออกเป็น 2 แบบคือ พื้นที่ที่อยู่ในอิทธิพลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเรียกว่าพื้นที่ที่เป็นระยะใกล้ ส่วนพื้นที่ที่อยู่ในอิทธิพลของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเรียกว่าพื้นที่ที่เป็นระยะไกล

2.2 Radiation Density

ความเข้มของการแผ่รังสี ความเข้มของการแผ่รัสีนิยามจากกำลังของการแผ่รังสีต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย

$$S = \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2}$$

โดยที่ Sคือความเข้มของการแผ่รังสีและตัวส่งที่แผ่รังสีออกมาเป็นทรงกลมหรือทุกทิศทุกทางถูกเรียกว่า Isotopic Emitter

2.3 Characteristic Wave Impedance and Field Strength E

ในการเคลื่อนที่ของคลื่นหนึ่งๆนั้นจะประกอบไปด้วยสนามแม่เหล็ก(H) และสนามไฟฟ้า(E) โดยที่ทั้งสองยังมีความสัมพันธ์กับความเข้มของการแผ่รังสีดังนี้

$$S = E \times H$$

2.4 Plarisation of Electromagnetic Wave

โพลาไรเซชั่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกกำหนดโดยทิศทางการวางตัวของสนามไฟฟ้าของคลื่นโดยที่โพลาไรเซชั่นของคลื่นจะแบ่งออกเป็น โพลาไรเซชั่นแบบส้นตรงและโพลาไรเซชั่นแบบวงกลมโดยที่สนามไฟฟ้านั้นจะให้เส้นแรงของสนามไฟฟ้าในทิศตั้งฉากกับพื้นโลกและทิศขนานกับพื้นโลก

ตัวอย่างเช่น Dipole Antenna 2 ตัวที่เป็น Transmitter และ Receiver นำมาวางในแนวเดียวกันที่ Receiver Antenna จะได้รับสัญญาณที่ส่งมาน้อยที่สุดแต่ถ้านำมาวางตั้งฉากกันจะทำให้รับสัญญาณได้มากที่สุดเช่นกัน ส่วนโพลาไรเซชั่นแบบวงกลมจะเกิดจากที่ Transmitter นำ Dipole Antenna มาวางตั้งฉากกันจะทำให้ได้โพลาไรเซชั่นของคลื่นเป็นแบบวงกลม

2.4.1 Reflection of Electromagnetic Wave

การที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งออกไปตามอากาศได้ต้องถูกส่งไปโดย Antenna ก่อนจะไปกระทบกับวัตถุต่างๆ หลังจากที่มีการกระทบกับวัตถุต่างๆแล้วพลังงานของคลื่นส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับโดยวัตถุนั้นนอกจากนี้จะกลายเป็นความร้อนและที่เหลือก็จะสะท้อนกลับโดยค่าความเข้มที่ไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ RFID เราใช้การสะท้อน (Backscatter system, Radar cross section) นี้เป็นส่วนช่วยในการส่งสัญญาณจาก Transponder ไปที่ Reader โดยที่สัญญาณที่มีความถี่สูงค่าสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนสูงกว่าความถี่ต่ำโดยที่เราสามารถคำนวณหากำลังในการสะท้อนได้จาก

$$P_S = \sigma \cdot S$$

โดยที่ P_S คือค่ากำลังของสัญญาณที่ถูกสะท้อนกลับ

σ คือค่า Radar Cross section เป็นค่าที่แสดงการสะท้อนที่ค่าความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้า

S คือค่าความหนาแน่นของพลังงานไฟฟ้า(Power Density) หรือความเข้มของการแผ่รังสี (Radiation Density)

ค่า σ เป็นค่าที่บอกว่าคลื่นจะสะท้อนได้ดีแค่ไหนโดยที่มีปัจจัยหลายๆอย่างที่มีผลต่อ σ เช่น วัสดุที่นำมารองรับ, ลักษณะพื้นผิวและความยาวคลื่น โดยที่โลหะจะมีการสะท้อนที่ดีกว่าพลาสติก

2.5 Antenna

2.5.1 Gain and directional effect

ถ้าเราพิจารณาที่ Antenna ที่เป็น Isotopic Emitter นั้นเราจะสามารถหากำลังการส่งของ Antenna ได้โดยการอินทิเกรทความเข้มของการแผ่รังสีเทียบกับพื้นที่ทรงกลมดังสูตรการคำนวณ

$$P_{EIRP} = \int_{A_{SPHERE}} S \cdot dA$$

แต่ในกรณีที่ Antenna นั้นไม่ใช่ Isotopic Emitter เช่น Dipole Antenna เราจะไม่สามารถใช้สมการด้านบนได้กับทุกๆทิศทางรอบๆ Antenna แต่เราจะใช้สมการด้านล่างในการคำนวณแทน

$$S = \frac{P_t \cdot G_t}{4\pi r^2}$$

โดยที่ P_t คือกำลังที่จ่ายให้กับ Antenna

G คือค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของความเข้มของการแผ่รังสีในทิศทางนั้นๆ

2.5.2 EIRP and ERP

EIRP คือ Effective Isotopic Radiated Power เป็นกำลังงานที่ให้ Antenna ส่งออกมาในลักษณะที่ทิศทางเป็น ทรงกลมหรือส่งออกมาเท่ากันทุกทิศทุกทาง

ERP คือEquivalent radiated Powerกำลังงานที่ Antenna ส่งออกมาแต่ว่าจะเน้นใช้กับ Dipole Antenna มากกว่าเพราะส่งออกมาไม่เท่ากันในแต่ละทิศทาง

ซึ่งการคำนวณค่าทั้งสองสามารถใช้สูตร

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot 1.64$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Modulated Backscatter

วิธี Modulated Backscatter เป็นวิธีที่ใช้ในการส่งสัญญาณกลับไปหา Reader โดยใช้หลักการสะท้อน เริ่มจากหลักการที่ว่าเมื่อ Transponder รับสัญญาณที่ส่งมาจาก Reader ได้จะมีสัญญาณที่รับเข้าไป, สัญญาณที่แปลสภาพเป็นความร้อนและสัญญาณที่สะท้อนกลับไปหา Reader เราจะใช้ประโยชน์จากสัญญาณสะท้อนนี้โดยเราจะเปลี่ยนค่า Modulated Impedance ไปมาสลับกันตามข้อมูลของ Transponder แล้วการเปลี่ยนค่า Impedance ของ Impedance จะทำให้ σ หรือ A_e เปลี่ยนตามการเปลี่ยนแปลงของ Z_T ของ transponder ดังนั้นที่ Reader ก็จะได้รับสัญญาณที่แตกต่างกันแล้วนำไป Demodulated เป็นข้อมูล

2.7 Read Range

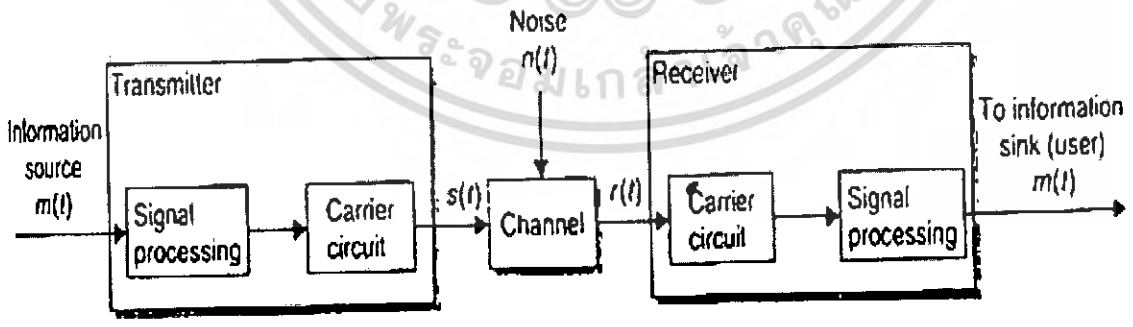
ในกรณีที่เราใช้การส่งจาก Transponder ไปที่ Reader แบบ Modulated Backscatter เราจำเป็นต้องรู้ด้วยว่าสัญญาณขนาดเล็กที่สุดเท่าไรที่ Reader สามารถรับได้ซึ่งข้อนี้จะเป็นตัวจำกัดระยะทำการของ Reader อีกปัจจัยหนึ่งโดยที่กำลังที่ Reader รับได้จะสามารถคำนวณได้จาก

$$P_3 = A_e \cdot S_{back}$$

ซึ่ง S_{back} โดยปรกติจะมีขนาดเล็กกว่า S ที่ส่งออกไปจาก Reader มากกว่ามาก อาจถึง -100 dB

2.1.5 การเข้ารหัสและการมอดูเลชั่นของระบบ RFID

ในการส่งสัญญาณจาก Transponder อาจจำเป็นต้องมีการนำข้อมูลมาเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยและต้องมีการ Modulate กับคลื่นพาห์ก่อนส่งออกไปเพื่อให้ความถี่ที่ส่งตรงกับค่าความถี่รับของ Reader



รูปที่2.11 การไหลของสัญญาณและข้อมูลในระบบการสื่อสารแบบดิจิตอล

จากรูปแสดงกระบวนการสื่อสารแบบดิจิตอลซึ่ง คือการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านกับ Tags ในระบบ RFID นั่นเอง กระบวนการสื่อสารจะอาศัยหลักการดังนี้ การเข้ารหัสข้อมูล (Signal Coding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมรหัสข้อมูลเข้ากับคลื่นพาหะ (Modulation) การส่งคลื่นสัญญาณออกไป (Transmission) การถอดข้อมูลออกจากคลื่นพาหะ (Demodulation) การแปลรหัสสัญญาณข้อมูล (Signal decoding)

1) การเข้ารหัส(Coding)

การส่งรับข้อมูลแบบตรงไปตรงมาจะทำให้ข้อมูลที่ส่งและรับนั้นมีความยาวเกินไปจึงมีการคิดค้ นวิธีการเข้ารหัส ซึ่งการใช้รหั สจะช่วยการส่งและรั บข้อมูลสิ้นสุดลงและไม่ถูกรบกวนจากสิ่งรบกวนภายนอก การเข้ารหัสมักเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการสื่อสารแบบดิจิตอล ในระบบการสื่อสารแบบดิจิดอลนั้นจะใช้สัญลักษณ์ 0 กับ 1 แทนข้อมูลโดยความแตกต่างของข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดค่า 0 กับ 1 ของแต่ละบิตข้อมูล ข้อมูลจะถูกจัดเรียงเป็นแนวนอนหรือเส้นตรง (Line Code) ซึ่งมาตรฐานของ Linc Code จะมีหลายมาตรฐานดังนี้

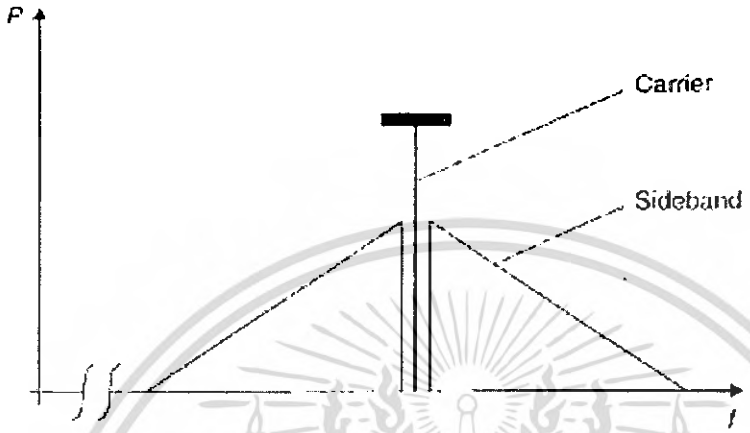
- NRZ Code คือลอจิก 1 จะมีค่าเป็น High ส่วนลอจิก 0 จะมีค่าเป็น Low
- Manchester Code คือ คือลอจิก 1 จะแทนด้วยสัญญาณขอบขาลง ส่วนลอจิก 0 จะแทนด้วยสัญญาณขอบขาขึ้น
- Unipolar RZ Code คือคือลอจิก 1 จะมีค่าเป็น High ในช่วงแรกโดยมีระยะเวลาครึ่งคาบของสัญญาณ ส่วนลอจิก 0 จะเป็น Low ตลอดระยะเวลา 1 คาบของสัญญาณ
- DBP Code คือคือลอจิก 1 จะมีค่าเป็น High ตลอดคาบของสัญญาณส่วนลอจิก 0 จะมีค่าเป็น Low แล้วจะมีการเปลี่ยนเป็น High ที่ครึ่งหนึ่งของคาบของสัญญาณ
- Miller Code คือคือลอจิก 1 จะเป็นการกลับบิตเป็นตรงข้ามที่เวลาครึ่งคาบของสัญญาณ ส่วนลอจิก 0 จะเป็นการคงค่าเดิมไว้ตลอดคาบของสัญญาณ
- Modified Miller Code จะเหมือนกับ Miller Code แต่ต่างกันตรงที่การเปลี่ยนแปลงของลอจิก 1 จะแทนด้วย Negative Pulse
- Differential Coding คือลอจิก 1 จะแทนด้วยการกลับบิดเป็นตรงข้ามส่วนลอจิก 0 จะไม่มีการกลับบิดใดๆเลย

2) Digital Modulation Procedure

ในการส่งข้อมูลของ Antenna ไปให้กับ Transponder นั้นจำเป็นต้องมีการ Modulate ข้อมูลเข้ากับคลื่นพาห์ก่อนที่จะมีการส่งด้วยสาเหตุหลายประการเช่นข้อมูลส่วนใหญ่มีความถี่ต่ำจึงถูกรบกวนได้ง่ายหรืออาจเป็นเหตุผลในเรื่องระยะทางที่ส่งและขนาดของ Antenna ของ Reader ที่จะต้องมีขนาดใหญ่มาก โดยสัญญาณที่ความถี่ที่จะส่งที่ยังไม่ถูก Modulate เรียกว่าคลื่นพาห์ ในการ Modulate แบบดิจิตอลมีอยู่หลักๆ 3 ชนิด โดยที่ทุกชนิดจะมีผลของการ Modulate เกิดขึ้นคือเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

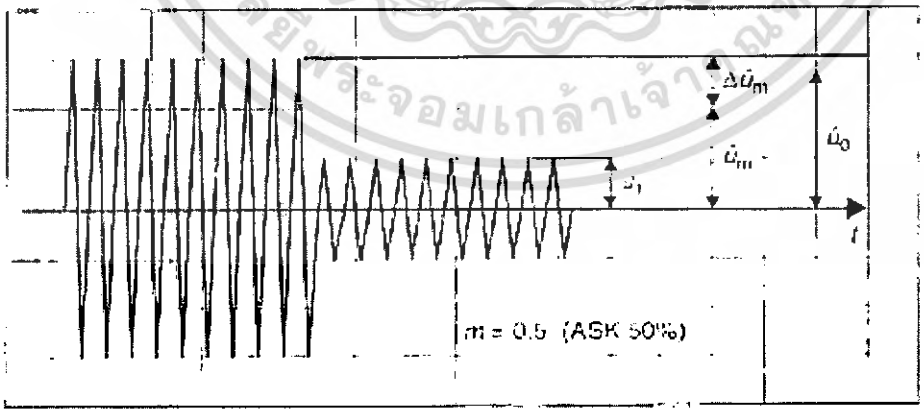
สเปกตรัมของความถี่ขึ้นรอบๆความถี่ของคลื่นพาห์ซึ่งเรียกว่า Sideband โดยที่ Sideband นี้อาจเกิดจาก ความถี่ของข้อมูลที่นำมา Modulate กับคลื่นพาห์หรืออาจจะเป็นความถี่ของคลื่นพาห์รอง (Subcarrier) ที่มีการ Modulate กับข้อมูลไปก่อนแล้วก็ได้ซึ่งรูปที่2.12แสดงสัญญาณ Carrier และ Sideband บนแกนความถี่



รูปที่2.12 แสดงสัญญาณ Carrier และ Sideband บนแกนความถี่

2.1) Amplitude Shift Keying(ASK)

เป็นการ Modulate ที่ Maximum Amplitude ของคลื่นพาห์จะมีการเปลี่ยนค่าอยู่ 2 ค่าคือ U_0 และ U_1 ขึ้นกับข้อมูลที่นำมา Modulate ด้วยโดยที่ถ้าเราพิจารณาจาก Frequency แล้วข้อมูลที่ใช้จะอยู่ในส่วนของ Sideband ในการรับข้อมูลจึงต้องมีการ Filter เอา Sideband ไป Demodulate และ Decode เพื่อให้ได้ข้อมูลจริงออกมา จากรูปที่ 2.13 เป็นสัญญาณที่ถูก Modulate แบบ ASK



รูปที่ 2.13 เป็นสัญญาณที่ถูก Modulate แบบ ASK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2)FSK

2FSK หรือ 2 Frequency Shift Keying จะเป็นการ Modulated ที่ทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง f_1 และ f_2 โดยที่ถ้าพิจารณาจาก Frequency Domain แล้วจะพบว่าคล้ายกับการนำสัญญาณที่ Modulate แบบ ASK 2 ความถี่มาวางซ้อนกันบนแกนความถี่

2.3) 2PSK

2PSK หรือ 2 Phase Shift Keying เป็นการ Modulate ที่ทำให้ Phase ของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างเฟส 0° และ 180°

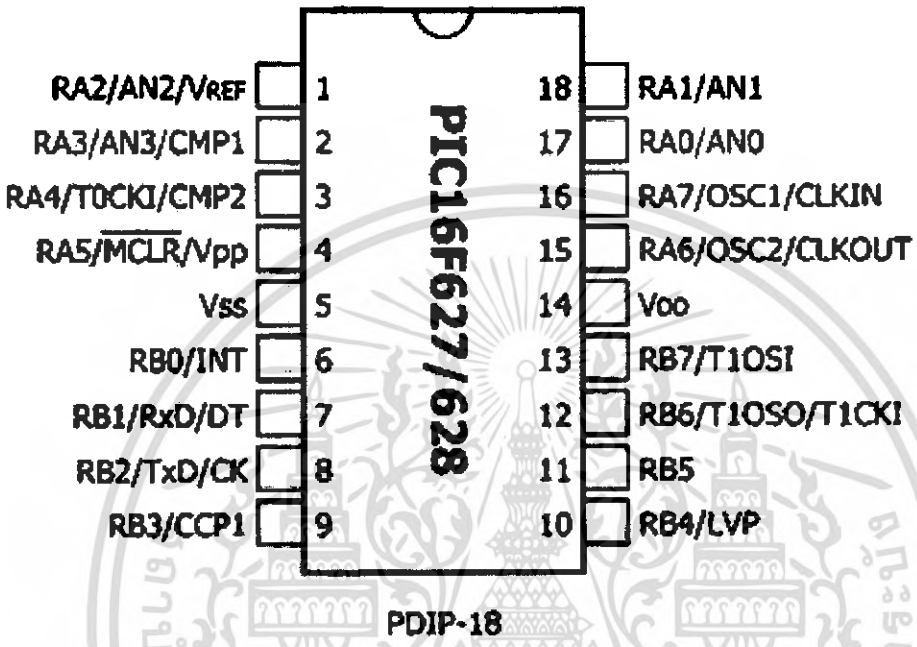
3) Modulation Procedure with Subcarrier

ในการใช้คลื่นพาห์รอง(Subcarrier) เราจะใช้ Subcarrier ในการ Modulated กับสัญญาณ Baseband ก่อนในครั้งแรกก่อนที่จะมีการนำสัญญาณ Subcarrier ที่ Modulate กับสัญญาณ Baseband แล้วไป Modulate ซ้ำอีกครั้งกับคลื่นพาห์(Carrier) ทั้งนี้เพื่อขยายช่วงของความถี่ของข้อมูลบนแกนความถี่ออกไปจากความถี่หลักให้มากขึ้นเพื่อที่ง่ายต่อการ Filter เอาข้อมูลมา Demodulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F628

2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 จะเป็นดังรูปที่2.14



รูปที่2.14 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

โดยแต่ละขาจะทำหน้าที่ดังนี้

V_{CC} : ขาต่อไฟเลี้ยงบวก ตั้งแต่ 3-5.5V

V_{SS} : ขาต่อกราวด์

RA0/AN0 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRAO , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง0

RA1/AN1 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA1 , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง1

RA2/AN2/V_{REF} : : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA2 , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง2 , เอาต์พุตแรงดันอ้างอิง

RA3/AN3/CMP1 : กำหนดเป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้โดยสามาถเป็นขาพอร์ตRA3 , อินพุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกช่อง3 , เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกชุดที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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 , ขาต่อคริสตอลเมื่อทำงานในโหมด 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) กรณีอยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (sleep) , อินพุทรับแรงดัน +5V ในกรณีที่ต้องการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยแรงตันต่ำ (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,อินพุตรับสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

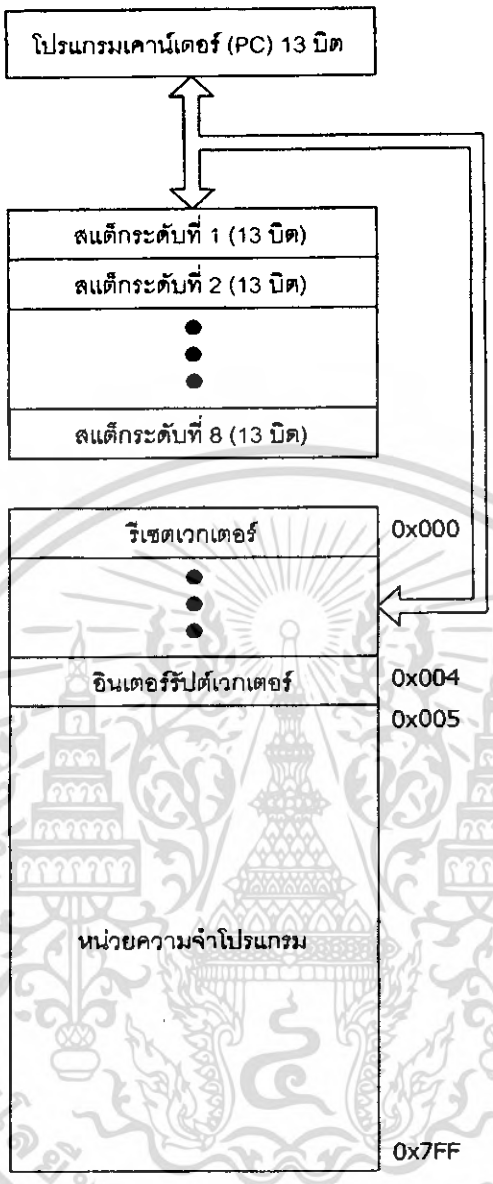
สำหรับไทเมอร์1,ขาสัญญาณนาฬิกาของการโปรแกรม,ป้อนสัญญาณกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน (wake-up) กรณีอยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (sleep)

RB7/T1OSI/PGD : เป็นขาอินพุทหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยสามารถเป็นขาพอร์ต RB7, สามารถกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนแปลงลอจิกขึ้นที่ขานี้ ในกรณีเอ็นเบิลไว้,ขาอินพุตสัญญาณออสซิลเลเตอร์ของไทเมอร์1,ขาสัญญาณข้อมูลของการโปรแกรม,ป้อนสัญญาณกระตุ้นให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน (wake-up) กรณีอยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (sleep)

2.2.2 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรม(program memory) เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เพราะเป็นที่เก็บข้อมูลคำสั่งทั้งหมดซึ่งใช้ในการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานหน่วยความจำโปรแกรมของPIC16F628เป็นแบบแฟลช(flash memory) ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง แต่อย่างไรก็ตามโดยปกติหน่วยความจำโปรแกรมหลังจากที่ทำการเขียนในขั้นตอนของการโปรแกรมแล้วก็จะมีไว้สำหรับอ่านออกมาได้เพียงทางเดียวซึ่งในPIC16F62X มีโปรแกรมเคาน์เตอร์(PC) ขนาด13บิตเพื่อกำหนดการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมโดยใน PIC16F628มีขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม 2K * 14บิต(หรือ 2 กิโลเวิร์ด)ซึ่งจะมีการจัดสรรพื้นที่ดังในรูปที่2.15 มีการสงวนแอดเดรส 0x0000 และ 0x0004 ไว้เช่นกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นรูปแบบมาตรฐานของการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.15 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ PIC16F628

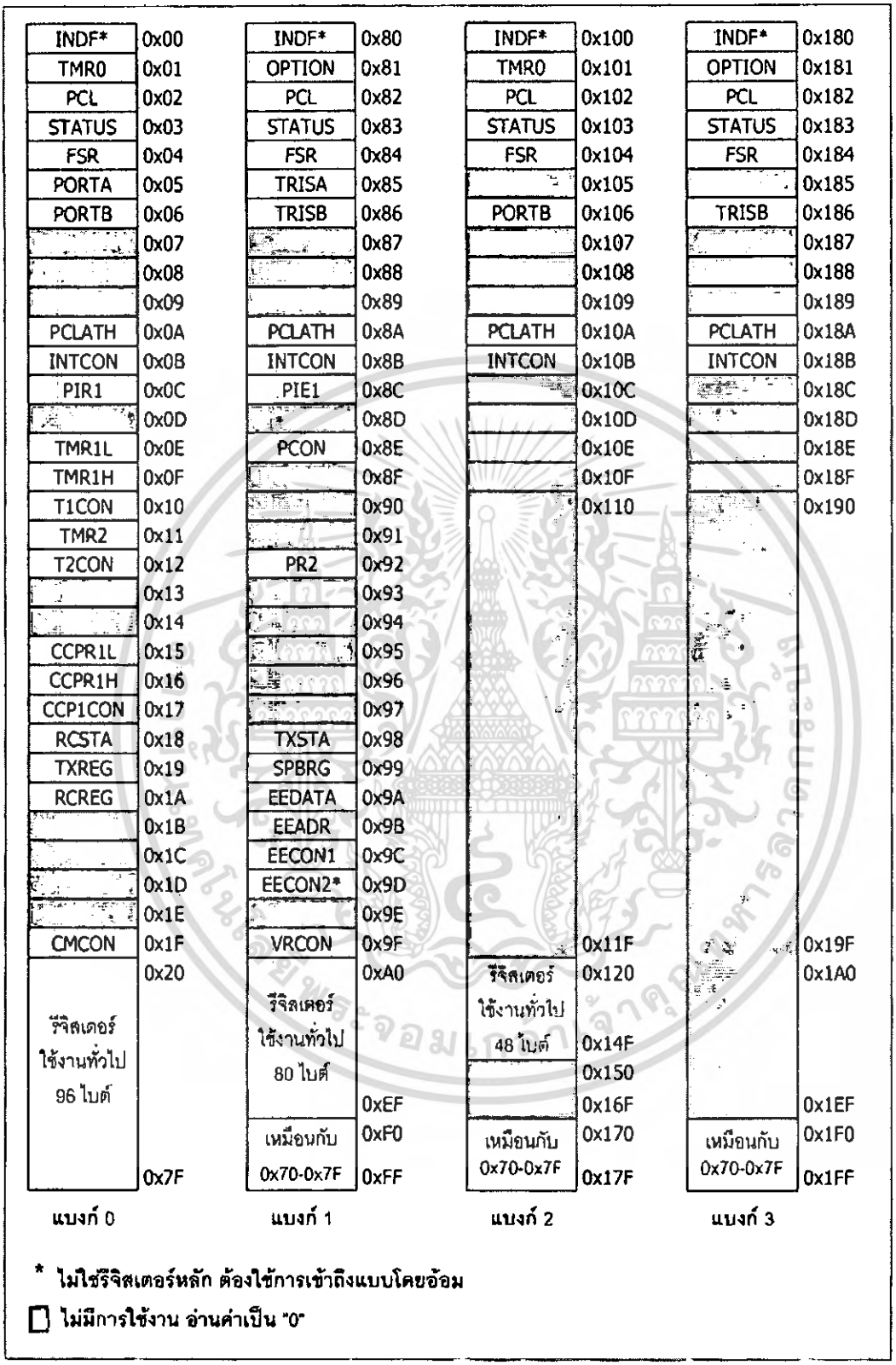
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นใน PIC16F628 ยังมีพื้นที่หน่วยความจำพิเศษสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ชั่วคราวขนาด13 บิต เรียกว่า สแต็ก(stack) ซึ่งจะมีบทบาทในการกระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อยของ PIC16F628 โดยเมื่อกระทำคำสั่งให้กระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อย ซีพียูจะทำการเก็บค่าโปรแกรมเคาน์เตอร์หรือ PC ในขณะนั้นไว้ในสแต็กจากนั้นจึงกระโดดไปทำงานยังโปรแกรมย่อยเมื่อทำงานเรียบร้อยแล้วซีพียูจะไปอ่านค่า PC จากสแต็กกลับมาแล้วทำงานตามกระบวนการในโปรแกรมหลักต่อไปสำหรับสแต็กใน PIC16F628 มีขนาด 13บิตสามารถเก็บค่าของ PC ได้8 ระดับ

2.2.3 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลของ PIC16F628

ใน PIC16F628 มีการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลแรมออกเป็น4ช่วงแต่ละช่วงเรียกว่าแบงก์(bank) แต่ละแบงก์มีขนาดสูงสุด128ไบต์ แต่จะมีการใช้งานได้จริงในแต่ละแบงก์แตกต่างกันดังในรูปที่2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลแรมและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ทั้งหมดของ PIC16F628 และการจัดสรรพื้นที่ในแต่ละแบงก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบงก์ 0 มีช่วงแอดเดรส 0x00-0x7F โดยจะแบ่งพื้นที่ใช้งานของแอดเดรสแต่ละส่วนดังนี้

แอดเดรส 0x00-0x01F เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ไฟล์(บางพื้นที่สงวนไว้ แสดงเป็นสีเทา)

แอดเดรส 0ป20-0x07F 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 โดยจะแบ่งพื้นที่ใช้งานของแอดเดรสแต่ละส่วนดังนี้

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

2.2.4 รีจิสเตอร์หลักของ PIC16F628

-รีจีสเตอร์ STATUS-

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลแสดงสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628 ไม่ว่าจะเป็นแฟลกแสดงผลของการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแสดงการทำงานของวอดช์ ด็อกไทเมอร์ แสดงการทำงานในโหมดสลีปและใช้ในการเลือกแบงก์ของหน่วยความจำข้อมูลแรม มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 0x03 ในแบงก์ 0, 0x83 ในแบงก์ 1,0x103 ในแบงก์ 2 และ 0x183 ในแบงก์ 3 ดังมีรายละเอียดของแต่ละบิดภายในรีจิสเตอร์ STATUS ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	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

IRP(Indirect Regisiter 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 บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียว บิดนี้จะเซตเมื่อจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อกระทำคำสั่ง CLRWDT หรือ SLEEP

$\overline{PD}$ (Power-down bit – บิต 3) : บิดแสดงการทำงานในโหมดสลีปหรือโหมดประหยัดพลังงานเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าสู่โหมดสลีป โดยการกระทำคำสั่ง SLEEP บิตนี้จะกลายเป็นลอจิก “0” บิตนี้สามารถอ่านได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น การเซดบิตนี้จะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ หรือเมื่อกระทำคำสั่ง CLRWDT ทำให้เกิดการเวกอัปออกจากโหมดสลีป

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-

เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถอ่านและเขียนได้ทุกบิต บรรจุข้อมูลควบคุมการพูลอัพของพอร์ต B, การเลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RB0/INT, ข้อมูลควบคุมการทำงานของไทเมอร์ 0 และวอตช์ดอกไทเมอร์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 0x81 ในแบงก์ 1 และ 0x81 ในแบงก์ 3 ดังมีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	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

$\overline{\text{RBPU}}$ (Port B Pull-up enable bit – บิต 7) : บิตเอนเอเบิลการพูลอับของพอร์ต B

INTEDG (Interrupt edge select bit – บิต 6) : บิตเลือกขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา RB0/INT

T0CS (TMR0 Clock source select bit – บิต 5) : บิตเลือกแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 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) : บิตเลือกอัตราส่วนของปรีสเกลเลอร์ใช้ในการกำหนดอัตราส่วนในการทำงานของปรีสเกลเลอร์เมื่อทำงานร่วมกับทั้งวอตช์ด็อกไทเมอร์และไทเมอร์ 0 ซึ่งจะมีอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

-รีจิสเตอร์ PCON (Power control status register)-

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการแจ้งสถานะของการรีเซตที่เกิดขึ้นของไมโครคอนโทรลเลอร์ 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	-	$\overline{\text{POR}}$	$\overline{\text{BOR}}$
							R/W -x	R/W -x

บิต 2,4-7 ไม่ใช้งาน อ่านค่าได้เป็น “0”

OSCF (INTRC/ER oscillater speed – บิต 3) : บิตเลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาในโหมด INTRC และ ER

$\overline{\text{POR}}$ (Power-on reset status bit – บิต 1) : บิตแสดงสถานะการเกิดเพาเวอร์ออนรีเซต

$\overline{\text{BOR}}$ (Brown-out reset status bit – บิต 0) : บิตแสดงสถานะการเกิดบราวเอาต์รีเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รีจิสเตอร์ W (Working register)-

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เพราะไม่ว่าจะเป็นการประมวลผลทางคณิตศาสตร์หรือลอจิก ต้องการะทำผ่านรีจิสเตอร์ W ซึ่งสามารถสังเกตได้จากชื่อคำสั่ง หากคำสั่งใดมีตัวอักษร W เข้าไปเป็นส่วนประกอบ คำสั่งนั้นๆ จะต้องติดต่อกับรีจิสเตอร์ W อย่างแน่นอน

-โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)-

เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ทำหน้าที่ระบุแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรามที่ซีพียูจะต้องไปทำการอ่านข้อมูลเพื่อทำงาน โปรแกรมเคาน์เตอร์มีขนาด 13 บิต สำหรับใน PIC16F628 ซึ่งมีขนาดหน่วยความจำ 2 กิโลเวิร์ด จะใช้โปรแกรมเคาน์เตอร์จำนวน 11 บิต

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 มีหน่วนความจำสำรองสำหรับเก็บค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (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 ดังนั้นในไม่โครอนโทรลเลอร์ PIC จึงไม่มีการแจ้งเหตุการณ์สแต็กเกิน (Stack overflow)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีของไอซีบันทึกเสียง ISD25120

2.3.1 คุณสมบัติของไอซีบันทึกเสียง ISD 25120

คุณสมบัติหลักๆ ที่สำคัญของ ISD25120 มีดังต่อไปนี้

-ไม่ต้องมีอุปกรณ์ร่วมเพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้

-ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้

- มีประสิทธิภาพในการบันทึก และเล่นกลับที่ให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง

-ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับด้วยสวิตซ์หรือควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

-ระยะเวลาในการบันทึก/เล่นกลับ 120 วินาที

- ต่อคาสเคดกันได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาบันทึกให้ยาวมากขึ้น

- ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป

-สามารถเก็บความจำไว้ได้นาน 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง

-วงรอบการบันทึกไม่ต่ำกว่า 90,000 ครั้ง

-มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว

-สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบใช้งานได้

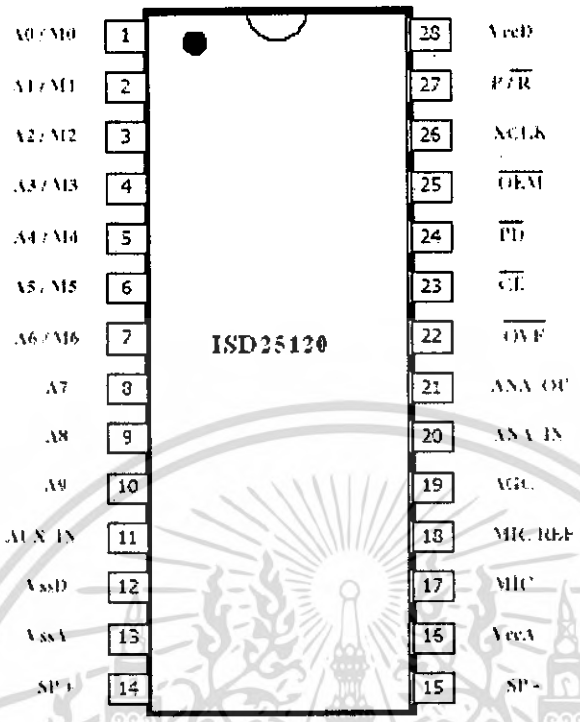
จากคุณสมบัติต่างๆที่รวมอยู่ภายในไอซีเพียงตัวเดียวจึงทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟนจนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก และขับออกลำโพงก็ถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลแบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย (nonvolatile memory cells) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณอนาล็อก จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยจัดเก็บความจำโดยตรงโดยอาศัยเทคโนโลยี DAST (Direct Analog Storage Technology)และการจัดเก็บความจำก็จะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณอนาล็อกอยู่เช่นเดิมจึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่เหมือนกับต้นกำเนิดเสียงมากเพราะไม่มีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้ามาเกี่ยวข้อง

อัตราการทำงานของไอซีในตระกูล ISD25 ดังแสดงข้อมูลทางด้านการบันทึกสัญญาณของไอซี ISD25120 ไว้ในตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี ISD25120

เบอร์ไอซี	ระยะเวลาบันทึก	การสุ่มสัญญาณทางอินพุต	ความถี่ที่ผ่านวงจรกรอง	ความถี่สัญญาณนาฬิกาภายใน
ISD25120	120 วินาที	4.0 กิโลเฮิรตซ์	1.7 กิโลเฮิรตซ์	512กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ลักษณะของไอซี ISD25120

2.3.2 การทำงานเบื้องต้น

การทำงานเบื้องต้นนั้นต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีตระกูลนี้ จากตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซี รายละเอียดในตารางนี้มีความสำคัญมากต่อการใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบใช้งานและการทำงานเบื้องต้นในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาทั้งหมด

1) Address/Mode Input (A_0-A_9/M_0-M_9) ขา 1-10 ขาแอดเดรสและโหมดอินพุดจะมีอยู่สองฟังก์ชั่นที่ขึ้นอยู่กับระดับของสอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSMs เป็น "0" อินพุตก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSBs มีสถานะเป็น "1" ขาแอดเดรส/โหมดอินพุต จะขึ้นมาอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมดและเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาลงปรากฏที่ขา CE

2) Auxiliary Input (AUX IN) ขา 11 จะเป็นขารับทางอินพุตจากภายนอก ซึ่งจะเป็นการ มัติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ขาเอาต์พุตลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น "1" วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดสิ้นแล้วมีการต่อคาสเคด ISD25120 กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายๆ ตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากขาเอาต์พุตลำโพงของตัวก่อนหน้านี้หรือจากตัวอันดับแรก

3) Ground Inputs (V_{SSA},V_{SSD}) ขา 12 และ 13 โดยคุณสมบัติของไอซีตระกูล ISD25120 จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาล็อก และกราวด์ของสัญญาณดิจิตอลขา กราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลาย ในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

4) Speaker Output (Sp+,Sp-) ขา 14 และ 15 เป็นขาเอาต์พุตต่อออกลำโพงในตระกูล ISD25120 นี้จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพงซึ่งประกอบอยู่ในตัวไอซีเรียบร้อยแล้ว โดยมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุตได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่โหลดลำโพง 16 โอห์ม ขา 14 และ ขา 15 ต่อลำโพงเอาต์พุตนี้จะไม่ต่อขนานกันโดยตรงเด็ดขาด เมื่อต้องถูกใช้ต่อคาสเคดกันหลายๆ ตัว และไม่เหมาะในการต่อลำโพงขนานกันของเอาต์พุตหลายตัวโดยเฉพาะในบางครั้ง ขาเอาต์พุตลำโพงสามารถต่อคาสเคดกับไอซีอีกตัวได้โดยตรงหากเพราะมีตัวเก็บประจุคับปลิ้งอยู่ภายในเรียบร้อย

5) Voltage Input (V_{CCA},V_{CCD}) ขา 16 และ ขา 28 เป็นขารับ แรงดันที่ต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอนาล็อกและวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี แล้วขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

6) Microphone Input (MIC) ขา 17จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟน แล้วส่งผ่านสัญญาณข้าสู่วงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซีภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของวงจรปรีแอมป์ให้มีอัตราการขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนภายนอกจะถูกคับปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุภายนอกในลักษณะอนุกรมกับขา 17 นี้ ค่าความจุของตัวเก็บประจุคับปลิ้งจะกำหนดค่าโดยคำนึงค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ที่ต่ออยู่ภายในกับขา 17 ของไอซีเพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำ

7) Microphone Reference Input (MIC REF) ขา 18 จะต่อเข้ากับกราวด์ อนาล็อก (V_{SSA}) โดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อน เพื่อทำหนาที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

8) Automatic Gain Control Input (AGC) ขา 19 เป็นขาอินพุตเพื่อควบคุมการปรับอัตราการขยายของ ปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณทางอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้ จะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คงที่โดยมีค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์มและจะต้องร่วมกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกหนึ่งตัว ผ่านลงกราวด์อนาล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และค่าตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด

9) Analog Input (ANA IN) ขา 20 จะรับสัญญาณที่ผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้งภายนอกคับปลิ้งสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคับปลิ้งภายนอกนี้จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุตอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบ คัตออฟ

10) Analog Output (ANA OUT) ขา 21 เป็นขาเอาต์พุตของวงจรปรีแอมป์ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับการควบคุมอัตราการขยายจากวงจร AGC ภายในแล้ว

11) Overflow Output (OVF) ขา 22 สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกมาทางขาเอาต์พุตนี้ เพื่อแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัวไอซีได้ถูกอ่านออกมาหมดแล้วและจะแสดงเป็นสภาวะหยุดการเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุตจากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE อินพุตจนกว่า ขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซต และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้งหนึ่ง พัลส์ที่ขา OVF สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD25120 ในตัวถัดไปได้ เมื่อถูกต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

12) Chip Enable Input (CE) ขา 23 ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เพื่อทำให้เกิดภารการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาแอดเดรสอินพุตและขา P/R อินพุตจะถูกแลตซ์จากพัลส์ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE

13) Power Down Input (PD) ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสภาวะเป็น "1" ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น "0" ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลง ปรากฏขึ้นขา PD ปกติจะเป็น "1" อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซ็ทและจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

14) End-Of-Message/Run Output (EOM) ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ nonvolatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น "0" เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

15) External Clock Input (XCLK) ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติแล้วได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาของการสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16) Playback/Record Input (P/R) ขา 27 เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ "1" จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์ "0" จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของขา CE จะเป็นการแลตช์อินพุตที่ขา P/R

2.3.3 การใช้งานของไอซีบันทึกเสียง ISD 25120

จะมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. การเขียนข้อความ คือ การบันทึกข้อความเรียงทีละข้อความตั้งแต่ข้อความตั้งแต่ข้อความที่1จนถึงข้อความสุดท้าย วิธีการเขียนข้อความให้ทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

-ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา PD เพื่อรีเซตการทำงาน

-กำหนดลอจิก "0" หรือ ลอจิก "1" ที่ขา A4,A5,A6และA7 โดยค่าลอจิกเริ่มต้นที่ป้อนให้กับขาแอดเดรสคือ 0000 ซึ่งเป็นการเริ่มต้นการบันทึกข้อความที่1 และค่าลอจิกสุดท้ายที่ป้อนให้กับขาแอดเดรส คือ 1111 ซึ่งการบันทึกข้อความเสียงทั้งหมดสามารถบันทึกได้ถึง 16 ข้อความเสียง

-ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา P/R

-ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา PD และ CE เพื่อเริ่มต้นการบันทึกข้อความ

-ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา CE เพื่อเป็นสัญญาณสิ้นสุดการบันทึกข้อความ

เมื่อต้องการบันทึกข้อความต่อๆไปก็ให้ทำซ้ำแบบเดิมไปเรื่อยๆแต่อย่าลืมว่าข้อความที่บันทึกไปนั้นจะต้องมีความยาวไม่เกินเวลาที่กำหนดไว้เพราะถ้าบันทึกข้อความยาวเกินจะทำให้ข้อความที่บันทึกลงไปทีหลังจะมีพื้นที่ในการบันทึกข้อความเสียงไม่พอที่จะบันทึก

2. การอ่านข้อความ คือ การเล่นข้อความโดยสามารถเลือกเล่นเสียงช่องไหนก่อน,หลังก็ได้โดยอาจจะใช้การควบคุมจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการควบคุมลอจิกที่จะส่งออกไปยังแอดเดรส A4,A5,A6และA7 โดยมีขั้นตอนดังนี้

-ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา PD เพื่อรีเซตการทำงาน

-ป้อนลอจิกที่ต้องการให้กับแอดเดรส A4,A5,A6และA7

-ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา P/R

-ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา PD และ CE เพื่อเริ่มต้นการอ่านข้อความ

-ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา CE เพื่อเป็นสัญญาณสิ้นสุดการอ่านข้อความ

เมื่อต้องการอ่านข้อความต่อๆไปก็ให้ทำซ้ำแบบเดิมไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีของระบบRF

2.4.1 ระบบสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Communication Systems)

การสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การส่ง (Transmission) , การรับ (Reception) , และการประมวลผลของข้อมูลหรือข่าวสาร ระหว่าง 2 จุดหรือมากกว่าด้วยการใช้อิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมของระบบสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์

ตัวกลางการสื่อสาร (Communication Medium) เป็นช่องทางหรือตัวกลางซึ่งสัญญาณของระบบสื่อสารใช้เป็นทางจากจุดส่งไปยังจุดรับ ซึ่งเราสามารถแบ่งชนิดของการสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์ตามชนิดของตัวกลางการสื่อสารได้ 2 แบบ คือ

- **แบบมีสาย (WIRE)** สายในที่นี้อาจเป็นสายตัวนำไฟฟ้า 1 คู่ หรือเส้นใยนำแสง (OPTIC FIBER)
- **แบบไร้สาย (WIRELESS) หรือวิทยุ (RADIO)** สัญญาณของระบบสื่อสารแบบไร้สายจะอยู่ในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งรวมถึงแสง

เครื่องส่ง (Transmitter) เป็นอุปกรณ์หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบสำหรับแปลงสัญญาณจากแหล่งกำเนิดสัญญาณที่จะสื่อสาร ให้กลายเป็นสัญญาณที่มีรูปแบบและระดับพลังงานที่เหมาะสมกับตัวกลางการสื่อสารของแต่ละระบบ เครื่องส่งอาจเป็นเพียงคีย์สวิตช์ของระบบโทรเลขแบบใช้สายหรืออาจเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์สลับซับซ้อนของระบบสื่อสารดาวเทียม สัญญาณที่จะสื่อสารอาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียงหรือภาพ หรือข้อมูลในรูปของสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสัญญาณแต่ละชนิดจะมีค่าความกว้างของแถบความถี่ (BANDWIDTH) แตกต่างกัน ซึ่งความกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแถบความถี่ของสัญญาณนี้ถือเป็นพามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาเลือกใช้หรือออกแบบระบบสื่อสาร

เครื่องรับ (Receiver) จะเป็นอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์อีกชุดหนึ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่รับมาได้จากตัวกลาง ให้กลายเป็นสัญญาณที่มีรูปแบบและระดับพลังงานที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ปลายทางด้านรับ เช่น เครื่องรับของระบบโทรเลขใช้สายจะเป็นเพียงขดลวดโซลีนอยด์ (Solenoid) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนของการรับสัญญาณโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม

2.4.2 สัญญาณในระบบสื่อสาร

สัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์เกือบทุกสัญญาณจะเกิดจากผลรวมของคลื่นซายน์หลาย ๆ ความถี่ การเดินทางของสัญญาณในวงจรจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือการเดินทางของสัญญาณจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่ง หรือการเดินทางของสัญญาณจากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่ง สามารถพิจารณาเป็นการเดินทางของคลื่นซายน์ทุกความถี่ที่มีอยู่ในสัญญาณนั้นจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) ซึ่งอาจจะเป็นการเคลื่อนที่ผ่านตัวนำไฟฟ้า หรือตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ และการเคลื่อนที่ผ่านอากาศหรืออวกาศในรูปของการแผ่รังสี (Radiation) ความกว้างแถบความถี่ของสัญญาณ คือ ค่าแถบความถี่ของคลื่นซายน์หลายความถี่ที่รวมกันเป็นสัญญาณ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลต่างของความถี่สูงสุดกับความถี่ต่ำสุดที่มีอยู่ในสัญญาณ ถ้ามีสัญญาณมากกว่าหนึ่งสัญญาณในอาณาบริเวณเดียวกัน และสัญญาณเหล่านั้นมีค่าแถบความถี่ที่ทับซ้อนกัน จะ
ทำให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ถ้าระดับกำลังของสัญญาณต่าง ๆ ที่มีแถบความถี่ซ้อนทับกันมีค่าใกล้เคียงกัน ก็จะเกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน แต่ถ้าระดับกำลังของสัญญาณแตกต่างกันมาก สัญญาณที่มีกำลังมากแทบไม่ถูกรบกวนจากสัญญาณที่มีกำลังต่ำกว่ามาก ในทางตรงกันข้ามสัญญาณที่มีกำลังต่ำจะถูกสัญญาณที่มีกำลังสูงกว่ากลบจนหมด
ในระบบสื่อสาร เราไม่สามารถส่งสัญญาณที่มีแถบความถี่ซ้อนทับกันผ่านตัวกลางของการสื่อสารเดียวกัน ภายในเวลาเดียวกันได้ สัญญาณใดก็ตามที่มีแถบความถี่ซ้อนทับกับสัญญาณที่เราต้องการสื่อสาร จะถูกเรียกว่า *"สัญญาณรบกวน (NOISE)"*

การเดินทางของสัญญาณจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับจะถูลดทอนให้มีกำลังต่ำลงในขณะที่ผ่านตัวกลาง เมื่อสัญญาณมีกำลังไฟฟ้าลดลง จะมีโอกาสถูกรบกวนจากสัญญาณรบกวนที่อยู่ระหว่างเส้นทาง ยิ่งไปกว่านั้นภายในตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนอีกด้วย ถ้าความกว้างแถบความถี่ของสัญญาณยิ่งกว้างก็จะยิ่งเพิ่มโอกาสที่จะถูกรบกวนมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

จุดประสงค์ของ Electronic Communication คือ การติดต่อสื่อสารระหว่างจุด 2 จุด ข้อมูลข่าวสารของการสื่อสารจะต้องอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะสามารถแผ่กระจายผ่านตัวนำไฟฟ้า หรืออากาศ/อวกาศได้แถบความถี่ของสัญญาณ (Signal Bandwidth) คือ แถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สัญญาณครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลต่างของความถี่สูงสุดกับความถี่ต่ำสุดของสัญญาณ ซึ่งความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสาร (Communication Channel Bandwidth) จะต้องมีความกว้างพอที่จะให้ความถี่ที่มีนัยสำคัญทั้งหมดของสัญญาณข้อมูลข่าวสารผ่านไปได้ทั้งหมด โดยที่ความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสาร : BWCH จะต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างของแถบความถี่ของ
ช่องสัญญาณ : BWSIGNAL

ซึ่งค่า BWCH $\geq$ BWSIGNAL

ความจุของข้อมูลข่าวสาร (Information Capacity) ของระบบสื่อสารเป็นจำนวนที่ใช้วัดความสามารถของระบบสื่อสารว่า สามารถจะส่งข้อมูลข่าวสารผ่านระบบได้เป็นประมาณเท่าใดต่อหนึ่งหน่วยของเวลา จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ระบบที่มีความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสารกว้าง ก็จะยิ่งมีความจุของข้อมูลข่าวสารสูง
กฎของ *"ฮาร์ทเลย์"* (Hartley's law) กล่าวว่า

$$I \alpha BWCH \times t$$

เมื่อ I : ความจุของข้อมูลข่าวสาร (Information Capacity)
BWCH: ความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสาร
T : เวลาที่ใช้ในการส่ง

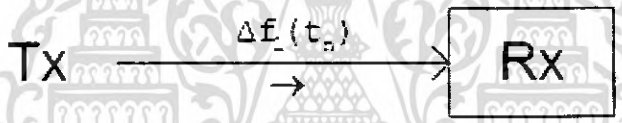
ถึงแม้ว่าระบบสื่อสารที่มีความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสารกว้าง จะมีความจุของข้อมูลข่าวสารมาก อย่างไรก็ตาม กฎพื้นฐานในการออกแบบระบบสื่อสารที่วิศวกรผู้ออกแบบพึงระลึกอยู่ตลอดเวลา คือ จะต้องพยายามทำให้ความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสารมีความกว้างให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยไม่ทำให้สูญเสียข้อมูลข่าวสารที่มีนัยสำคัญ เพื่อให้มีจำนวนของช่องสื่อสารให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งจะเป็นการเปิดโอกาสให้คนจำนวนมากได้ใช้ประโยชน์จากแถบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีจำกัดร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 รูปแบบของการสื่อสาร

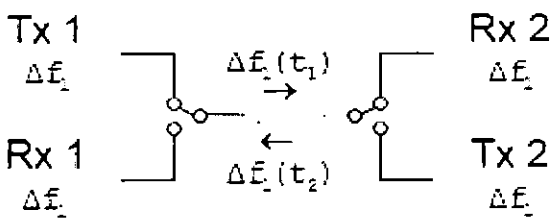
เราสามารถแบ่งรูปแบบของการสื่อสารได้หลายรูปแบบหรือหลายชนิด เช่น แบ่งตามลักษณะของตัวกลางก็จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบมีสายกับแบบไร้สาย ถ้าแบ่งตามรูปแบบของสัญญาณก็จะสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การสื่อสารแบบแถบฐานกับการสื่อสารแบบมอดดูเลชั่น ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแบบใดในการส่งสัญญาณจำนวน n สัญญาณ ผ่านระบบสื่อสารในเวลาเดียวกันและผ่านตัวกลางเดียวกัน จะต้องใช้ช่องสื่อสารจำนวน n ช่องสื่อสาร แถบความถี่ของช่องสื่อสารแต่ละช่องจะซ้อนทับกันไม่ได้ และความกว้างของแถบความถี่ของช่องสื่อสารแต่ละช่องควรมีความกว้างให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยต้องไม่สูญเสียข้อมูลที่มีนัยสำคัญเราอาจแบ่งรูปแบบของการสื่อสารตามทิศทางของการสื่อสารหรือจำนวนของช่องสื่อสารได้ 3 แบบ คือ

1. **แบบทิศทางเดียว (SIMPLEX; SPX, XS)** คือ ฝ่ายหนึ่งจะส่งเพียงอย่างเดียวและ อีกฝ่ายหนึ่งจะเป็นฝ่ายรับเพียงอย่างเดียว การสื่อสารแบบทิศทางเดียวนี้ต้องการช่องสื่อสารเพียง 1 ช่องตัวอย่าง เช่น การส่งวิทยุกระจายเสียง (Broad casting)



รูปที่ 2.20ก.บล๊อกไดอะแกรมของการสื่อสารแบบทิศทางเดียว

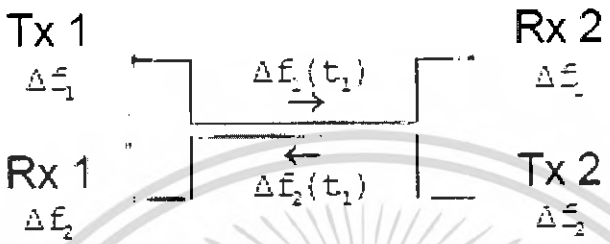
2. **แบบกึ่งสองทาง (HALF DUPLEX: HDX, HX)** เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทางแต่สลับเวลากันในขณะที่ฝ่ายหนึ่งเป็นฝ่ายส่ง อีกฝ่ายหนึ่งจะเป็นฝ่ายรับ การสื่อสารแบบกึ่งสองทางนี้ต้องการช่องสื่อสารเพียงช่องเดียว ตัวอย่าง เช่น วิทยุโทรคมนาคม หรือ Walkie – Talkie



รูปที่ 2.20ข.บล๊อกไดอะแกรมของการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **แบบสองทาง (FULL DUPLEX; FDX, FX)** เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทิศทาง โดยที่ทั้ง 2 ฝ่ายสามารถรับและส่งได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน การสื่อสารแบบ 2 ทิศทางนี้ ต้องการช่องสื่อสาร 2 ช่อง ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์ และ โทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 2.20ค.บล็อกไดอะแกรมของการสื่อสารแบบสองทิศทาง

รูปที่ 2.20 รูปแบบการสื่อสารตามทิศทาง

2.4.5 การมอดดูเลชั่น และการดีมอดดูเลชั่น

ความถี่ของข้อมูลหรือสัญญาณโดยทั่วไปมักจะมีความถี่ต่ำ การแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำจะกระทำได้ไม่ดี เพราะสัญญาณความถี่ต่ำจะมีความยาวคลื่น เราสามารถที่จะเลื่อนความถี่ของสัญญาณให้มีค่าสูงขึ้นได้โดยการมอดดูเลท สัญญาณที่ต้องการจะส่งกับคลื่นพาห์(Carrier) ความถี่สูง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าการมอดดูเลทคือกระบวนการที่สัญญาณที่จะส่ง (Modulating Signal)ทำให้คุณสมบัติของคลื่นพาห์(ขนาดความถี่และเฟส) เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะของสัญญาณสัญญาณที่ได้จากการมอดดูเลทเรียกว่า Modulated Signal (wave) โดย

คลื่นพาห์ : $Vc = VcpSin(\omega Ct + \theta)$

สัญญาณที่ต้องการส่ง : $Vm = VmpSin(\omega mt)$

การมอดดูเลทสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. การมอดดูเลทแบบ Analog
2. การมอดดูเลทแบบ Digital

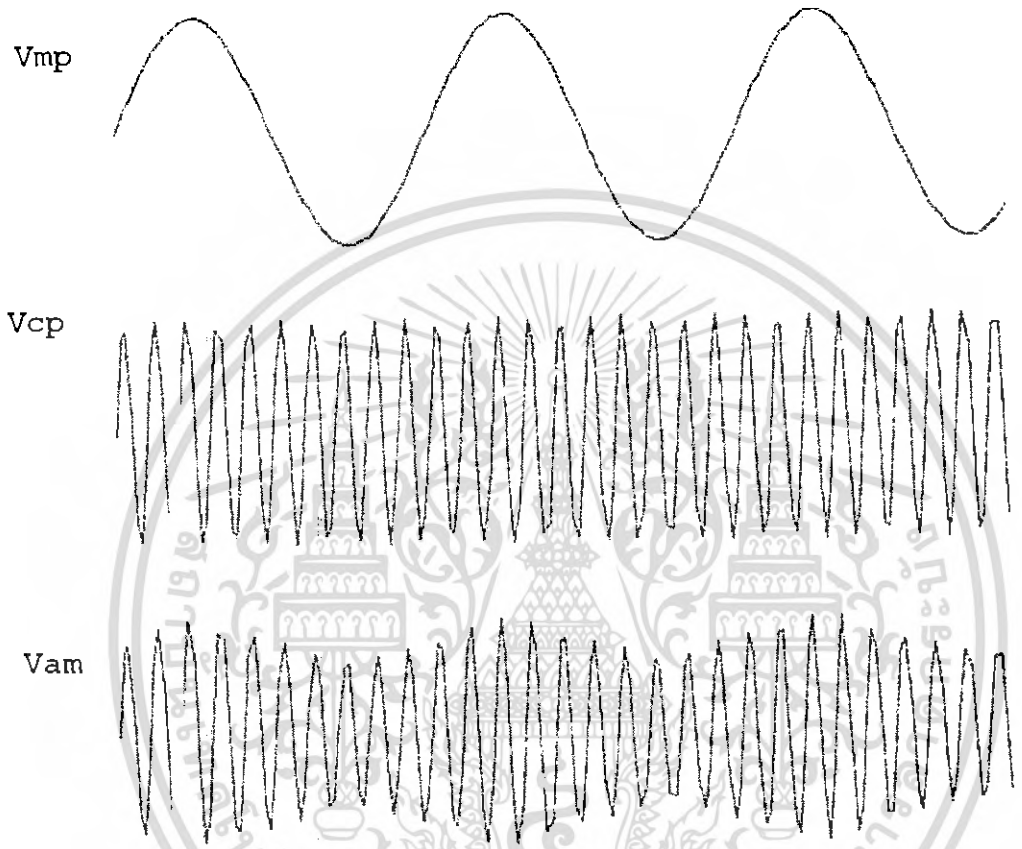
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การมอดดูเลทแบบ Analog

การมอดดูเลทแบบ Analog สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1.1 Amplitude Modulation (AM) ขนาดของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนไปตามขนาดของสัญญาณ

VAM = [Vcp+VmpSinωmt] Sinωct



รูปที่ 2.21 AM Modulated wave

1.2 Frequency Modulation (FM) และPhase Modulation (PM) ความถี่ของคลื่นพาห์ หรือเฟสของคลื่นพาห์จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณ ลักษณะของ Modulated wave ของFM กับ PM จะคล้ายกัน

$$V_{PM} = Vcp[Sin\omega ct + KVmpSin\omega mt]$$

เมื่อ K : ค่าคงที่ของการมอดดูเลท

1.3 Pulse Modulation คลื่นพาห์จะเป็นพัลส์ สัญญาณจะทำให้คุณสมบัติต่างๆของพัลส์เปลี่ยนแปลงไป เช่น ขนาดของพัลส์ ความกว้างของพัลส์ เป็นต้น

2. การมอดดูเลทแบบ Digital

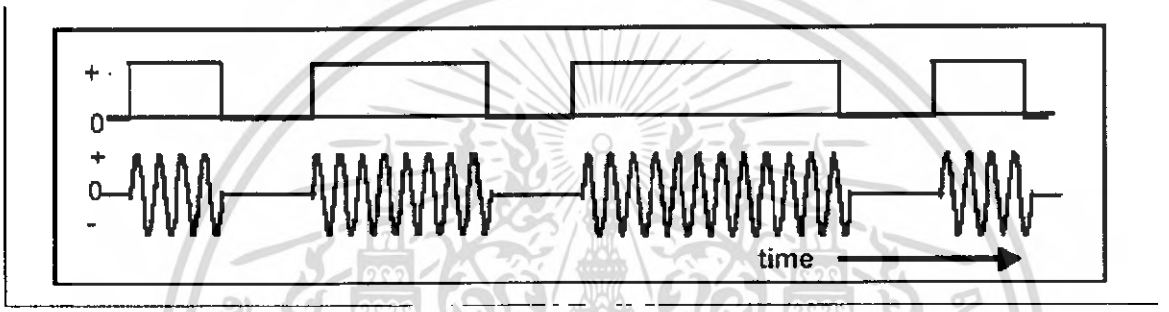
การมอดดูเลทแบบ Digital สามารถแบ่งได้ 3 ประเภทเช่นเดียวกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 Amplitude-Shift Keying (ASK) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า Digital Amplitude Modulation (DAM) ทำการมอดดูเลทสัญญาณข่าวสารแบบไบนารีเข้ากับแอมปลิจูดของคลื่นพาห์ที่เป็นอนาลอกโดยตรง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสัญญณ AM แบบมาตราฐาน เพียงแต่มีระดับแรงดันแค่ 2 ระดับ

$$V(ask)(t) = [1 + Vm(t)][(A/2)\cos(\omega ct)] \quad (2.8)$$

โดย Vm(t) = 1 เมื่ออินพุทเป็น Logic 1 และ Vm(t) = -1 เมื่ออินพุทเป็น Logic0 เพราะฉะนั้นเมื่ออินพุทเป็น Logic1 จะได้สัญญาณที่ผ่านการมอดดูเลทเป็น $v(ask)(t) = A\cos(\omega ct)$ และเมื่ออินพุทเป็น Logic 0 จะได้สัญญาณที่ผ่านการมอดดูเลทเป็น $v(ask)(t) = 0$



รูปที่ 2.22 สัญญาณ ASK (รูปล่าง) และข้อมูลที่ต้องการส่ง (รูปบน)

2.2 Frequency-Shift Keying (FSK) มอดดูเลทเช่นเดียวกับFM ที่มีแอมปลิจูด และเฟสคงที่ แต่แตกต่างกันตรงที่ input ของ FSK มีเพียงแค่ 2 ระดับ

$$V(fsk)(t) = Vc\cos\{2\pi [fc + Vm(t)\,\Delta f]t\} \quad (2.9)$$

2.3 Phase-Shift Keying (PSK) มอดดูเลทเช่นเดียวกับPM เพียงแต่ input ของ PSK เป็นสัญญาณดิจิตอลแบบไบนารีและมีจำนวนเฟสทางด้าน output จำกัด

การดีมอดดูเลทหรือการดีเทคท์ (Demodulation or Detection) เป็นกระบวนการย้อนกลับของการมอดดูเลท คือการแยกสัญญาณออกจากคลื่นพาห์สัญญาณของระบบสื่อสารที่ไม่ผ่านขบวนการมอดดูเลท เรียกว่า *สัญญาณแถบฐาน (Base band Signal)*

เราสามารถแบ่งชนิดของการสื่อสารตามรูปแบบของสัญญาณได้ 2 แบบ คือ

1. การสื่อสารแบบแถบฐาน (Base Band Communication) ในการสื่อสารแบบแถบฐานนี้จะต้องเป็นการสื่อสารแบบใช้สายเท่านั้น เราไม่สามารถส่งสัญญาณแถบฐานแบบวิทยุได้ ยิ่งไปกว่านี้ สายส่ง 1 คู่สายสามารถส่งสัญญาณแถบฐานได้เพียง 1 สัญญาณในระยะเวลาเดียวกันเท่านั้น ในการส่งสัญญาณแถบฐานหลายสัญญาณผ่านตัวกลางเดียวกัน อาจทำได้โดยการสลับเวลาในการรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสื่อสารแบบมอดดูเลชั่น หรือแบบผ่านแถบความถี่ (Band Pass Communication) ซึ่งจะเป็นการสื่อสารแบบมีสายหรือไร้สายก็ได้ ในกรณีที่เป็นแบบมีสาย สายส่ง 1 คู่สาย สามารถส่งสัญญาณพร้อมกันได้หลายสัญญาณเหตุผลสำคัญที่จะต้องมีการมอดดูเลชั่น สำหรับระบบสื่อสารไร้สายมีดังต่อไปนี้

- สัญญาณแถบฐานที่เกิดจากต้นกำเนิดชนิดเดียวกันจะมีแถบความถี่ใกล้เคียงกัน เช่น เสียงมนุษย์ทุกคนก็จะมีแถบความถี่ประมาณ 300 Hz – 3 KHz คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกไปจะมีแถบความถี่ที่ซ้อนทับกัน ทำให้ข้อมูลของแต่ละข้อมูลรบกวนซึ่งกันและกัน โดยผ่านการมอดดูเลท เราสามารถเลื่อนแถบความถี่ของสัญญาณแถบฐานมิให้ซ้อนทับกันได้จากการเลื่อนแถบความถี่คลื่นพาห์ที่ไม่เท่ากัน

- เป็นการยากมากในการที่จะสร้างสายอากาศที่จะแผ่กระจายคลื่นของสัญญาณแถบฐานให้มีคุณภาพสูงตลอดย่านแถบความถี่ของสัญญาณแถบฐาน เนื่องจากสัญญาณแถบฐานมักมีความถี่ต่ำและแถบความถี่กว้าง (ค่าความถี่ต่ำสุดและความถี่สูงสุดต่างกันหลายเท่า) โดยการผ่านขบวนการมอดดูเลทแถบความถี่ของสัญญาณ สัญญาณที่ถูกมอดดูเลทจะมีค่าแถบความถี่เชิงสัมพัทธ์แคบลงมาก ทำให้สามารถสร้างสายอากาศที่สามารถแผ่กระจายคลื่นได้ดีตลอดแถบความถี่ของสัญญาณที่ถูกมอดดูเลท โดยในการใช้สายอากาศแผ่กระจายคลื่น สายอากาศควรมีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น
- ในการส่งสัญญาณมากกว่า 1 สัญญาณผ่านสายตัวนำเพียง 1 คู่ จะต้องมีขบวนการมอดดูเลทเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

หลักการออกแบบวงจร แบ่งออกเป็น ส่วนหลักๆ ได้ 3 ส่วน คือ

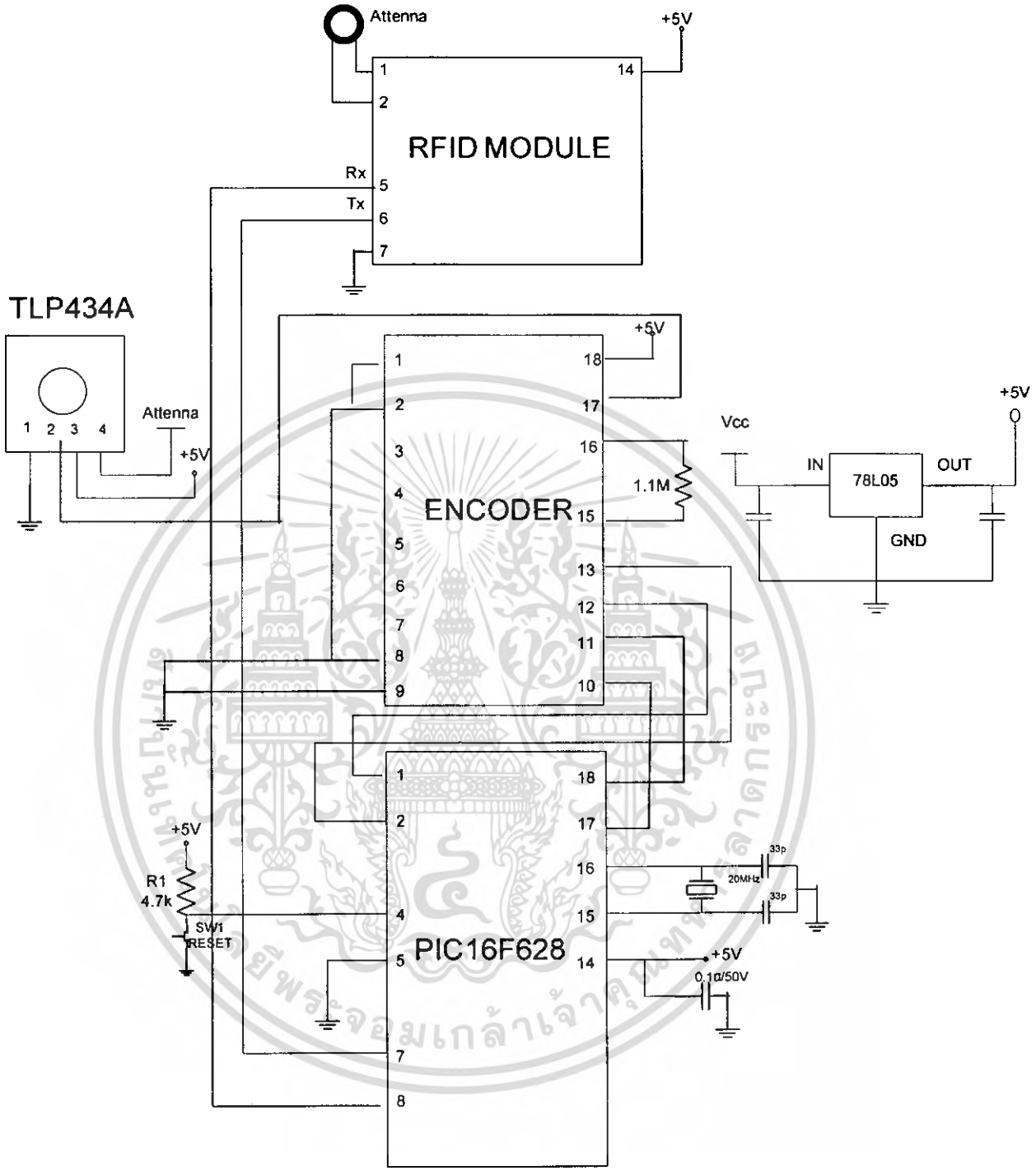
3.1 ส่วนของวงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULE

3.2 ส่วนของวงจรภาครับสัญญาณ RFID เพื่อเล่นเสียง

3.3 ส่วนของตัว Tags

3.1 ส่วนของวงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULE ทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจาก RFID โดยต้องส่งคำสั่งให้ตัว RFID ก่อนหลังจากนั้นรอรับข้อมูลจาก RFID เพื่อที่จะนำมาประมวลผลแล้วจึงนำข้อมูลส่งผ่าน ENCODER เข้า RF MODULE เพื่อส่งข้อมูลให้ภาครับสัญญาณต่อไป ดังรูปที่ 3.1

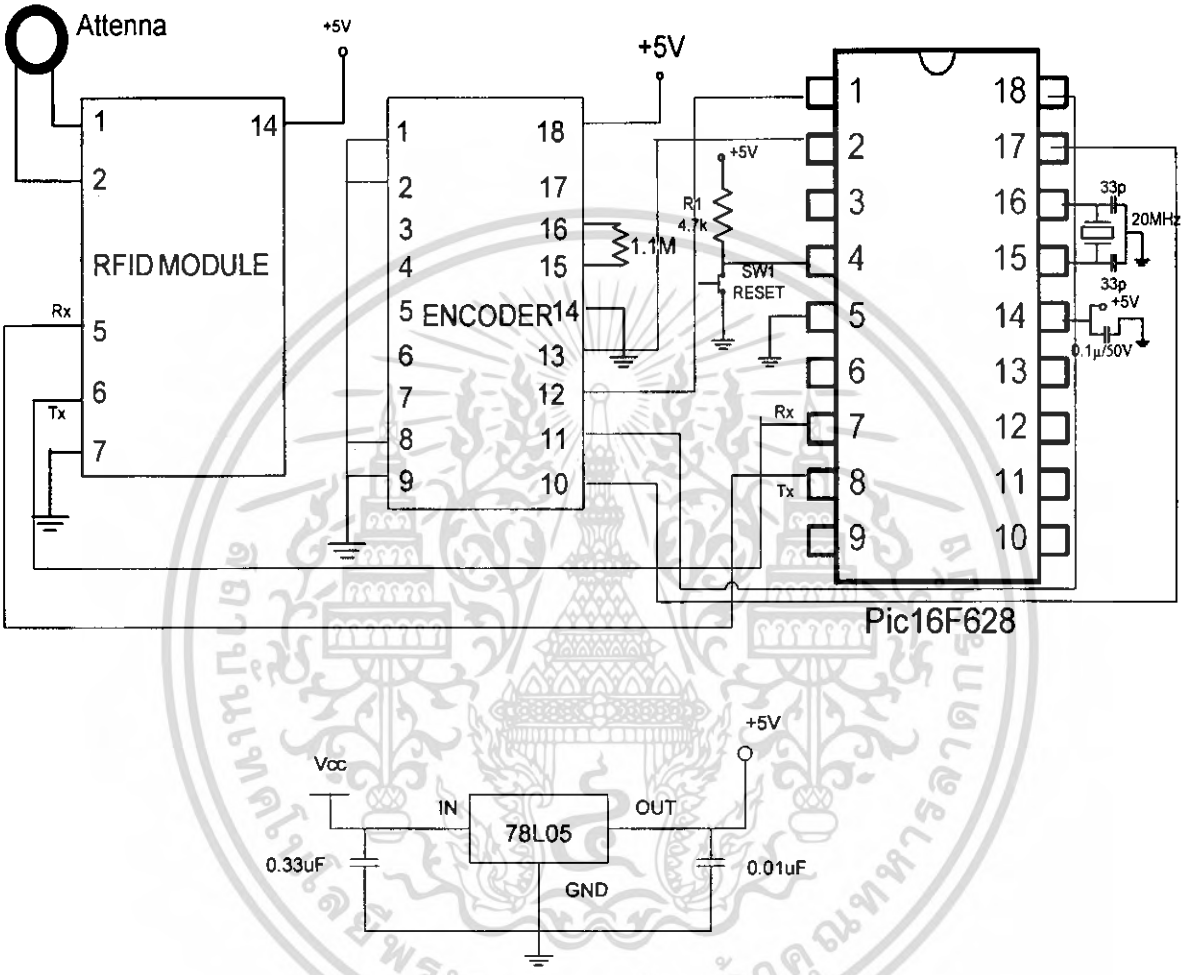
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.1 วงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 วงจรส่งสัญญาณ RFID ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปให้ Tagsเพื่อให้Tagsรู้ว่าคำสั่งที่RFID MODULE ต้องการจะทำคือเขียนข้อมูลลงไปในTagsหรืออ่านข้อมูลที่มีอยู่ในTagsโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลดังรูปที่ 3.2



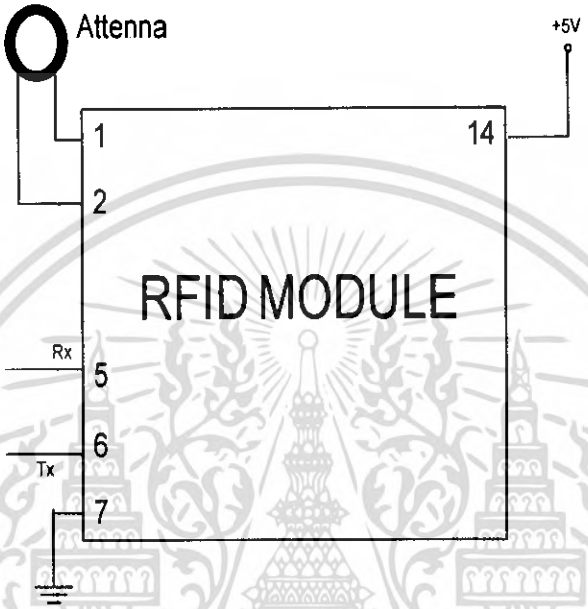
รูปที่3.2 วงจรส่งสัญญาณ RFID

จากรูปที่3.2วงจรส่งสัญญาณ RFID จะประกอบส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

3.1.2 RFID MODULE จะประกอบไปด้วยภาครับ/ส่งสัญญาณวิทยุ ทำหน้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นความถี่วิทยุ(Radio Frequency) แบบ LF (Low Frequency) ความถี่125 KHZ ในการติดต่อสื่อสารกับ Tags โดย RFID MODULE สามารถที่จะเขียนข้อมูลลงไปในTagsหรืออ่านข้อมูลที่มีอยู่ในTagsได้ แต่ต้องมีการส่งข้อมูลแบบอนุกรมเข้าขา RX ของ RFID MODULE เพื่อส่งคำสั่งให้ RFID MODULE รู้ว่าต้องอ่านหรือเขียน Tags ชนิดไหน และเมื่ออ่านข้อมูลหรือเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเสร็จแล้ว Tags จะส่งข้อมูลกับมา หลังจากนั้น RFID MODULE ก็จะส่งข้อมูลผ่านขา TX ของ RFID MODULE มาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลต่อไปโดยRFID MODULE จะเป็นดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรของRFID MODULE

3.1.3 เสาอากาศ (Antenna) ทำหน้าที่เหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency) แบบ LF (Low Frequency) ความถี่125 KHZเมื่ออยู่ในระยะที่ทำการติดต่อกับTagsได้ โดยได้มีการออกแบบเสาอากาศใหม่ให้มีความสมดุลกับไม้เท้าที่ใช้ โดยใช้สูตรการคำนวณเพื่อหาค่าL เพื่อให้สามารถทำงานที่ความถี่ 125KHZ ดังนี้

$$L = N^2 uR\{\ln\left(\frac{2R}{d}\right)\}$$

โดยที่ N = จำนวนรอบที่พันขดลวด

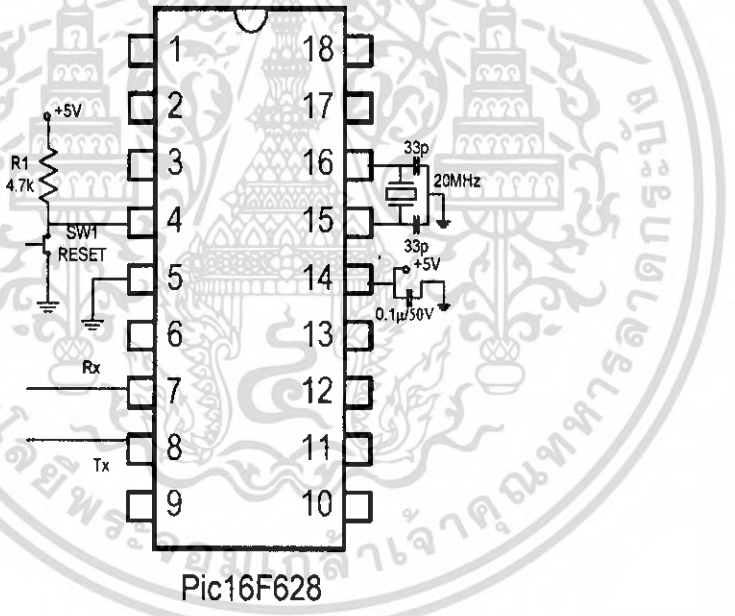
u = ค่า permittivity ของสาร(ในที่นี้ใช้เฟอร์ไรท์เป็นสาร)

R = รัศมีของอุปกรณ์ที่นำขดลวดมาพันรอบ(ในที่นี้ใช้แกนเฟอร์ไรท์)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดที่ใช้พัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

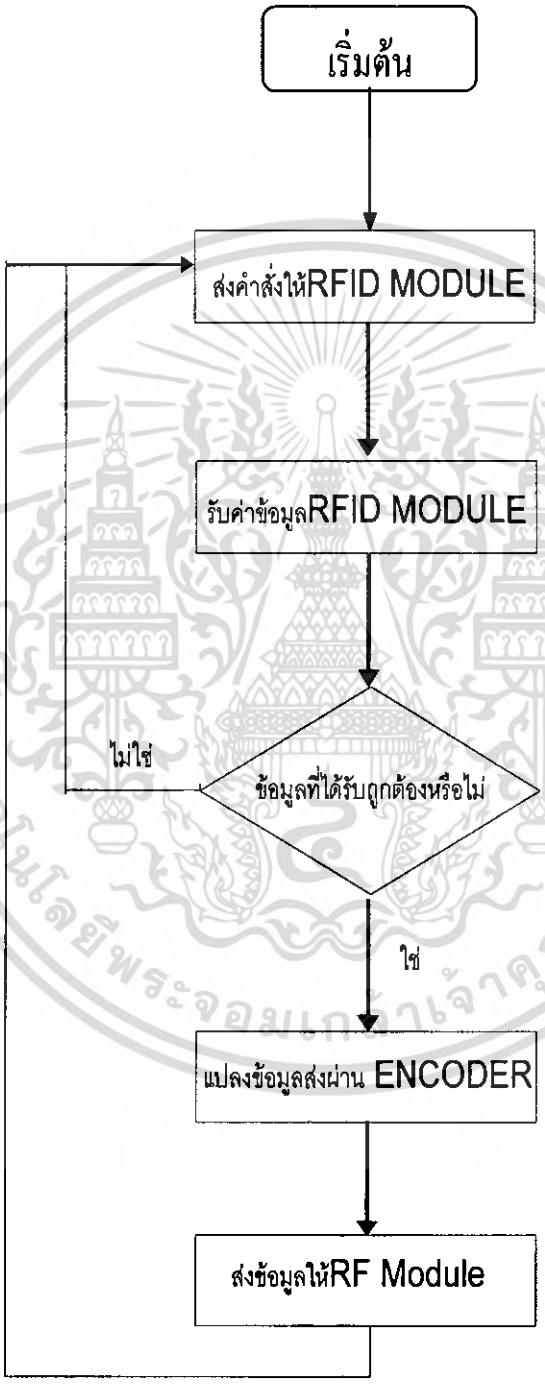
3.1.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628 ทำหน้าที่ส่งข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งเป็นข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจำนวน21 ไบต์ไปให้ขา RX ของ RFID MODULE โดยส่งข้อมูล ด้วย BAUD RATE 115,200 bps เพื่อสั่งงานให้RFID MODULEส่งคำสั่งไปให้ Tags อ่านข้อมูลที่อยู่ในตัวมัน แล้วหลังจากนั้นก็จะทำการรอรับค่าที่ RFID MODULE อ่านได้จาก Tags ซึ่งส่งข้อมูลผ่านขา TX ของ RFID MODULE โดยรับข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจำนวน10ไบต์เข้ามาหลังจากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจเช็คและตัดข้อมูลจนได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วจึงแปลงข้อมูลเป็นแบบบิตเพื่อส่งผ่าน ENCODER ไปที่ RF MODULE เพื่อทำการส่งข้อมูลให้ภาครับต่อไป



รูปที่ 3.4 วงจรของ PIC16F628

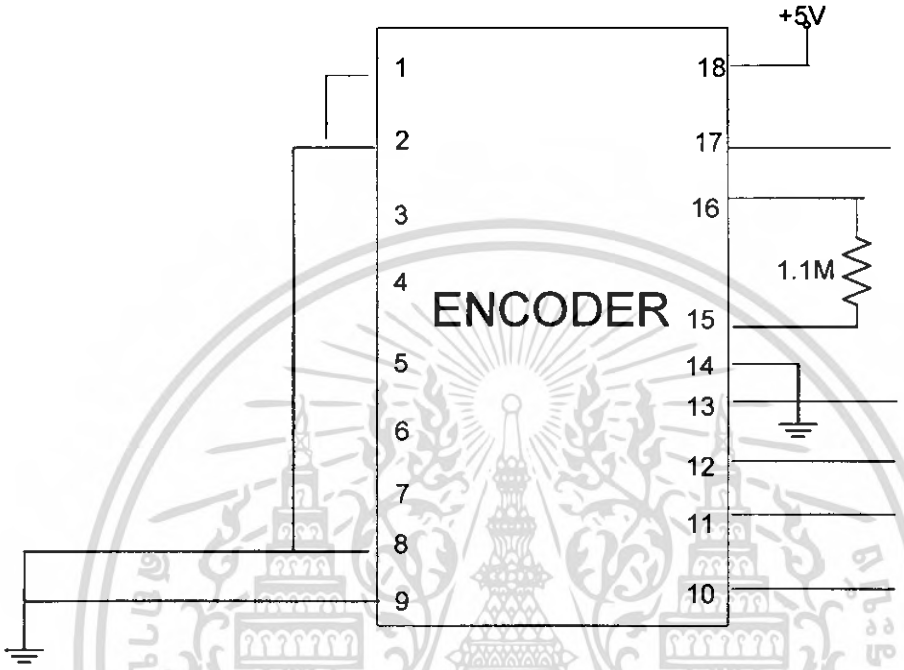
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow chart การทำงานของ PIC16F628



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ENCODER ทำหน้าที่เข้ารหัส 12 บิท ที่กำหนดโดยสถานะของขา A0-A7 และ AD8-AD11 แปลงเป็นสัญญาณอนุกรมแล้วทำการส่งสัญญาณออกไป เมื่อขาTE/ (Transmit Enable) เป็น Low



รูปที่ 3.5 วงจรของENCODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของวงจรภาครับสัญญาณRFIDเพื่อเล่นเสียง ทำหน้าที่ในการสั่งงานเสียงออกมาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์PIC 16F628ในการควบคุมการรับข้อมูลจากRF MODULEและควบคุมการเล่นเสียงโดยมีการต่อวงจรดังรูปที่3.6

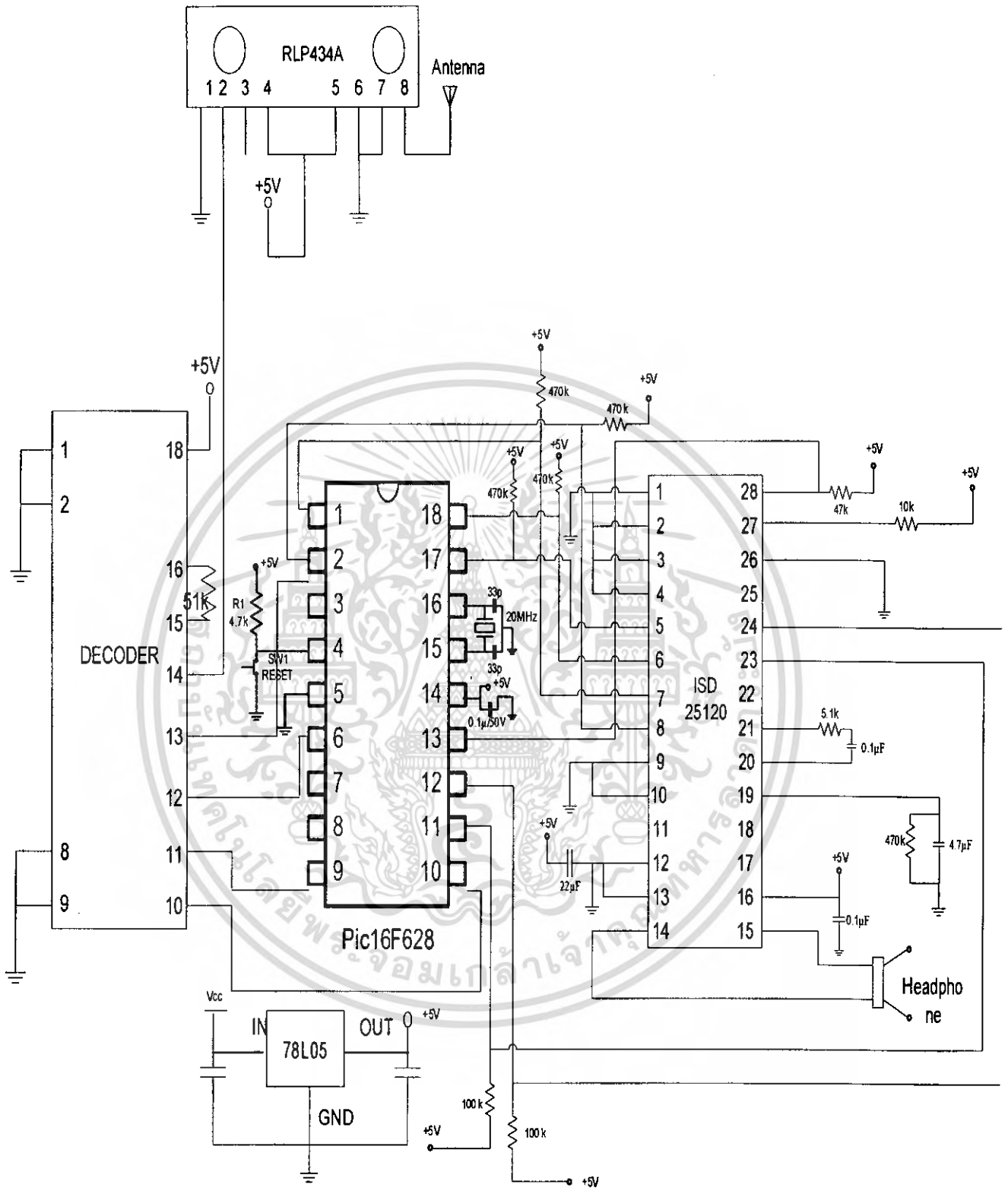
จากวงจรที่ใช้เล่นเสียงในรูปที่3.6 จะทำการบันทึกเสียงไว้ 10 เสียงคือ

- ที่นี่
- ตึกA
- ตึกB
- ตึกC
- ตึกD
- เลี้ยวซ้าย
- เลี้ยวขวา
- ตรงไป
- ที่นี่ทางแยกกรุณา
- เดินกลับ 1 ก้าวเพื่อบอกตำแหน่ง

จากนั้นนำแต่ละเสียงมาเล่นต่อกันเป็นข้อความที่จะใช้ในการเล่นได้ทั้งหมด 9ข้อความคือ

ข้อความที่1 "ที่นี่ทางแยกกรุณาเดินกลับ1ก้าวเพื่อบอกตำแหน่ง"
ข้อความที่2 "ที่นี่ตึกA"
ข้อความที่3 "ที่นี่ตึกB"
ข้อความที่4 "ที่นี่ตึกD"
ข้อความที่5 "ที่นี่ตึกC"
ข้อความที่6 "ตรงไปตึกC เลี้ยวซ้ายตึกD เลี้ยวขวาตึกB"
ข้อความที่7 "ตรงไปตึกB เลี้ยวซ้ายตึกC เลี้ยวขวาตึกA"
ข้อความที่8 "ตรงไปตึกA เลี้ยวซ้ายตึกB เลี้ยวขวาตึกD"
ข้อความที่9 "ตรงไปตึกD เลี้ยวซ้ายตึกA เลี้ยวขวาตึกC"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

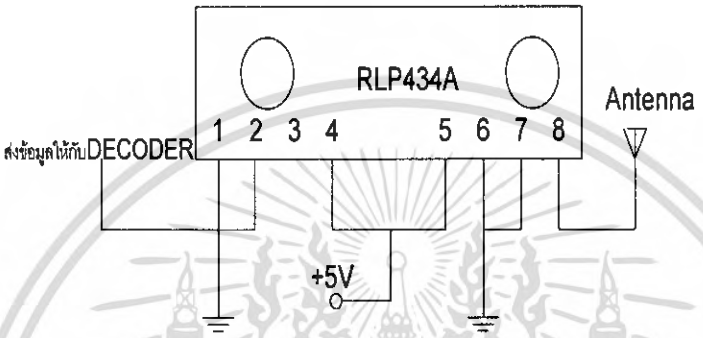


รูปที่3.6 วงจรภาครับสัญญาณRFIDเพื่อเล่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

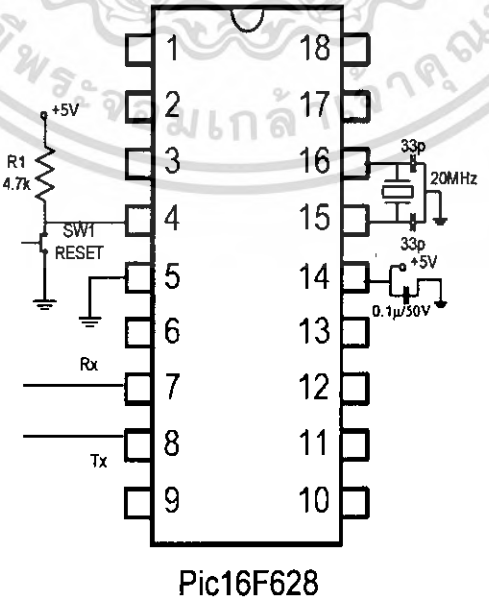
วงจรที่ใช้เล่นเสียง จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

3.2.1 RLP434A จะรับข้อมูลของสัญญาณRFID ผ่านทางTLP434A ซึ่งจะส่งสัญญาณRFมาให้ จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ได้ไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628เพื่อประมวลผลต่อไป



รูปที่3.7 วงจรภาครับสัญญาณRFIDเพื่อเล่นเสียง

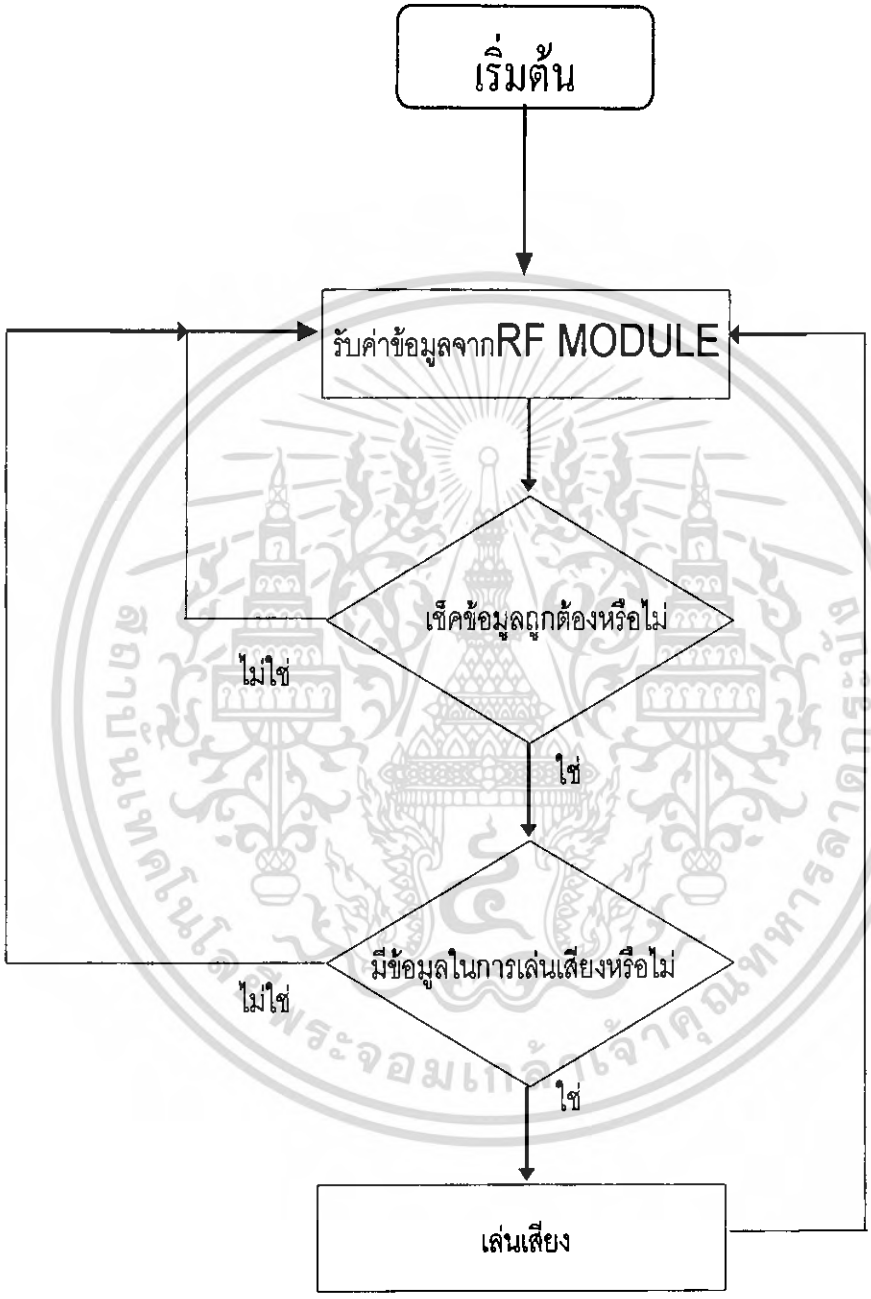
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเออร์เบอร์ PIC16F628 จะรับสัญญาณจากวงจรRF(ตัวรับ)ผ่านทางขาRx เมื่อได้รับสัญญาณแล้วจะทำการควบคุมการเล่นเสียงโดยการกำหนดสัญญาณพัลส์ที่จะจ่ายให้กับ ISD25120 ซึ่งจะเป็นการเลือกแอดเดรสเสียงที่จะใช้เล่นเสียงด้วย



รูปที่ 3.8 วงจรของ PIC16F628

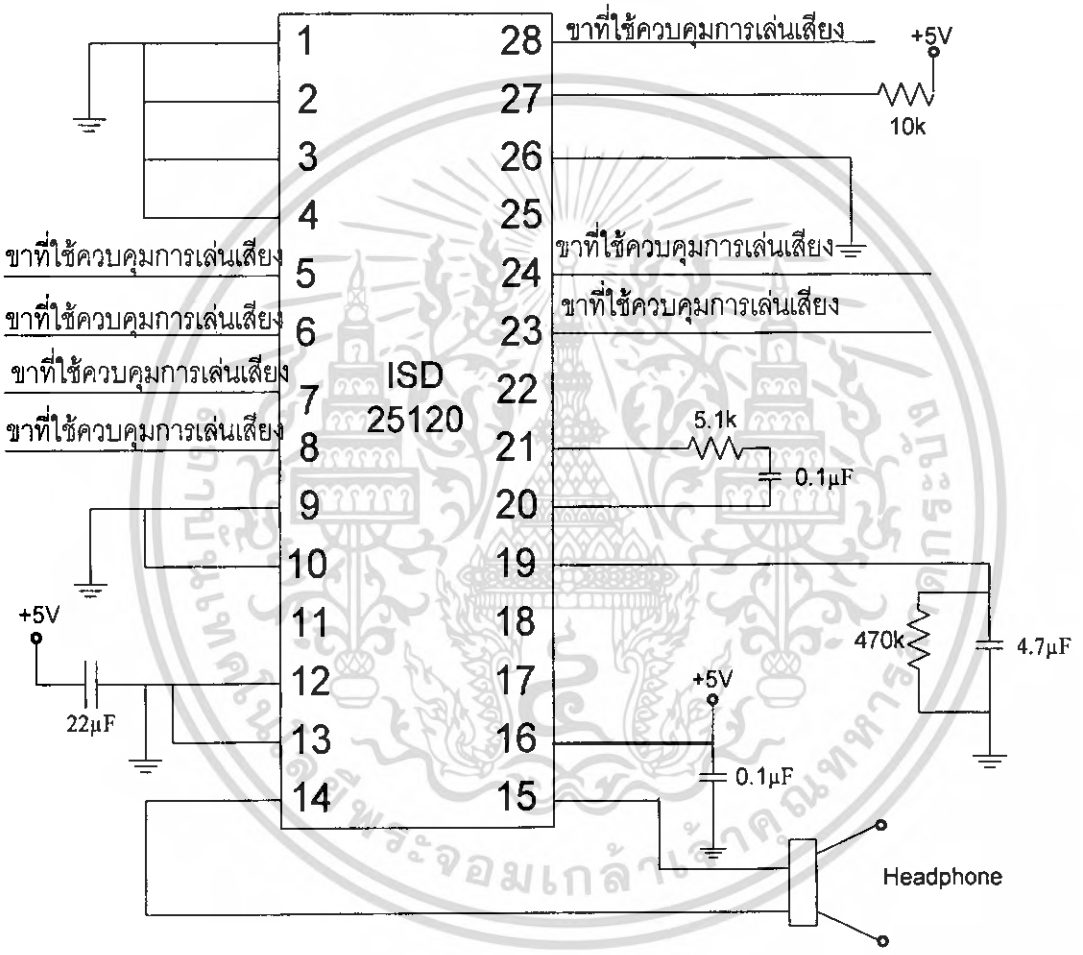
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow chart การทำงานของ PIC16F628



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

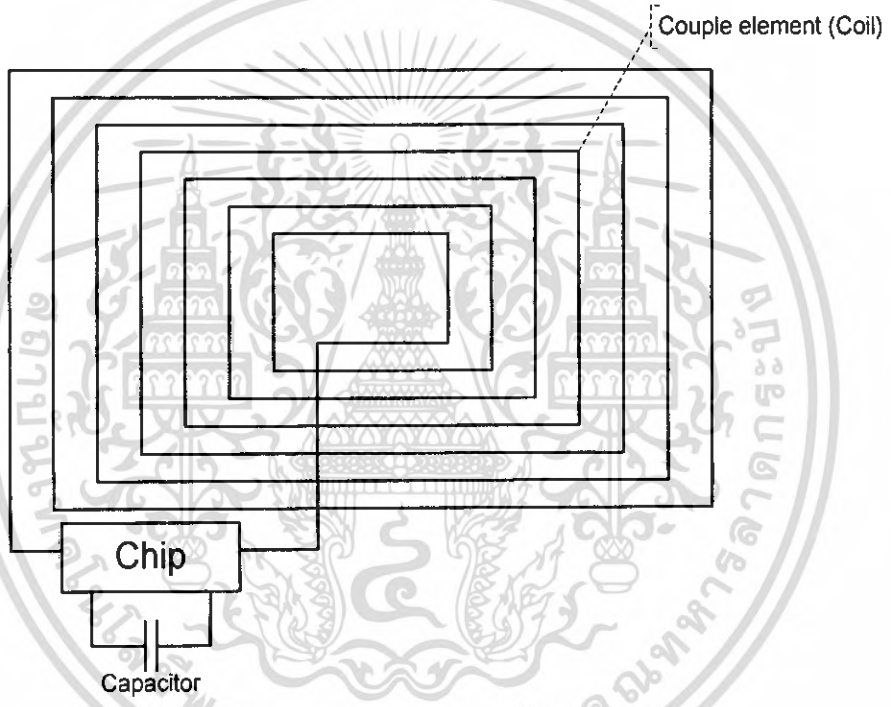
3.2.3 ISD25120 จะทำหน้าที่ในการเล่นเสียงตามแอดเดรสที่ได้มีการกำหนดไว้เป็นข้อความเพื่อระบุเป็นเส้นทางให้คนตาบอดเดินตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องโดยจะมีเสียงออกทางหูฟัง



รูปที่ 3.9 วงจรของ ISD25120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ส่วนของตัว Tags จะทำงานเมื่อเสาอากาศของRFID MODULE เข้ามาอยู่ในระยะที่สามารถเกิดการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กได้โดยจะรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency) แบบ LF (Low Frequency) ความถี่125 KHZ ที่ RFID MODULE ส่งมาหลังจากนั้นTagsจะทำการส่งข้อมูลที่อยู่ในตัวมันกลับไป หรืออาจส่งข้อมูลตอบกลับเมื่อมีการเขียนข้อมูลใหม่ใน Tagsโดยใช้พลังงานจากการแปลงสัญญาณที่ RFID MODULE ส่งมา ซึ่งได้มีการออกแบบ Tagsใหม่ ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อสะดวกในการให้คนตาบอดสามารถหาTagsได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่3.10



รูปที่ 3.10 Tagsที่ทำการออกแบบ

ซึ่งในการออกแบบ Tagsนี้จะต้องมีการใช้ค่า L และ C เพื่อให้สามารถทำงานที่ความถี่125KHZ ได้ โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$L = N^2 u_0 R\{\ln\left(\frac{2R}{d}\right)\}$$

โดยที่ N = จำนวนรอบที่พันขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

u_0 = ค่า permittivity ของอากาศ

R = รัศมีของอุปกรณ์ที่นำขดลวดมาพันรอบ

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดที่ใช้พัน

และใช้สูตร

$$2\pi f = 1/\sqrt{LC}$$

เพื่อคำนวณหาค่าC ที่ต้องใช้

โดยที่ f = ความถี่ 125 KHZ และค่า L ที่ใช้มีค่าประมาณ 1.33 mH แทนในสูตรจะได้ค่า C ที่ต้องใช้ประมาณ 1.22 nF ซึ่งค่า C นี้จะได้มาจากในตัว Chipและทำการเพิ่มค่า C โดยการต่อตัวเก็บประจุแบบขนานเข้ากับตัว Chipจะทำให้ได้ค่าที่ต้องการ

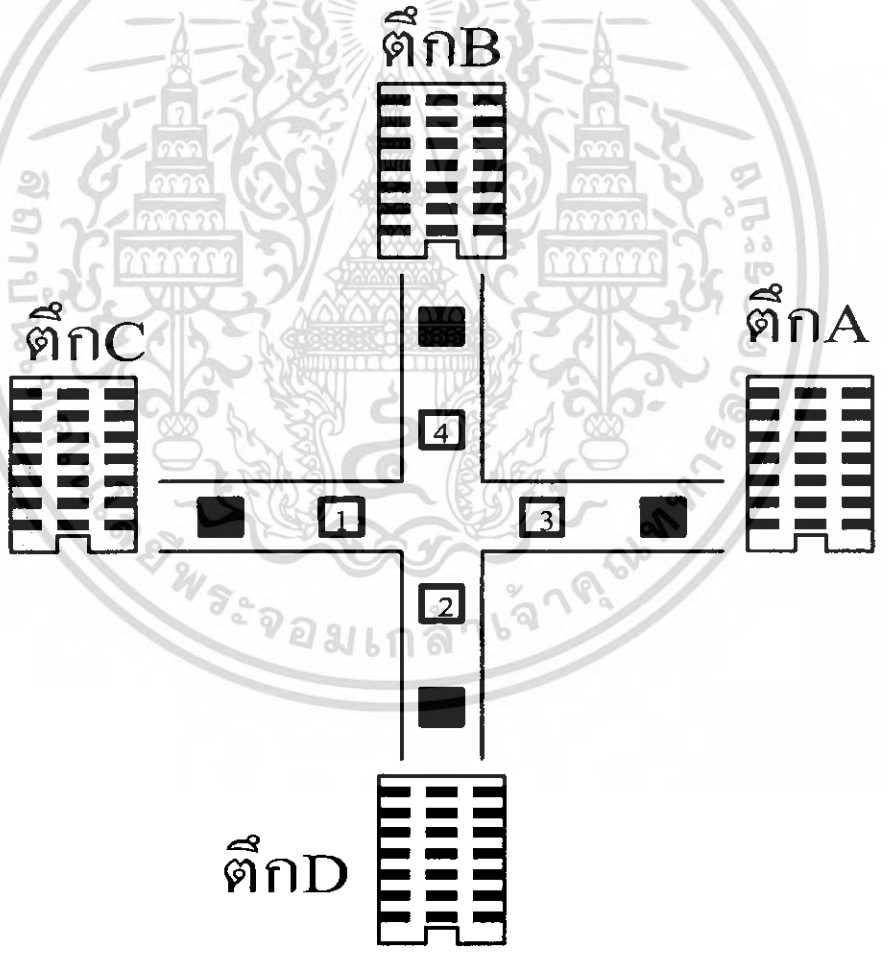
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

จากรูปที่4.1 แสดงแบบจำลองเส้นทางที่ติดตั้ง Tags อยู่ซึ่งมีหลักการดังนี้

จากรูปที่4.1 จะมีปลายทางเป็นสถานที่ 4 แห่งคือ ตึกA,ตึกB,ตึกCและตึกDโดยเมื่ออยู่ที่สถานที่ทั้ง 4นี้จะมีเสียงบอกเช่น ถ้าขณะนี้อยู่ที่ตึกAจะมีเสียงบอกว่า"ที่นี่ตึกA" ส่วนแผ่นบล็อกสีขาวทั้ง 5 แผ่นจะมีเสียงบอกถึงสถานที่ต่อไปที่จะเดินทางไปเช่น ถ้าขณะนี้อยู่ที่บล็อกที่1จะมีเสียงบอกว่า"ตรงไปตึกAเลี้ยวซ้ายตึกBเลี้ยวขวาตึกD" ส่วนแผ่นบล็อกสีดำทั้ง4แผ่นจะไม่มีเสียงบอก

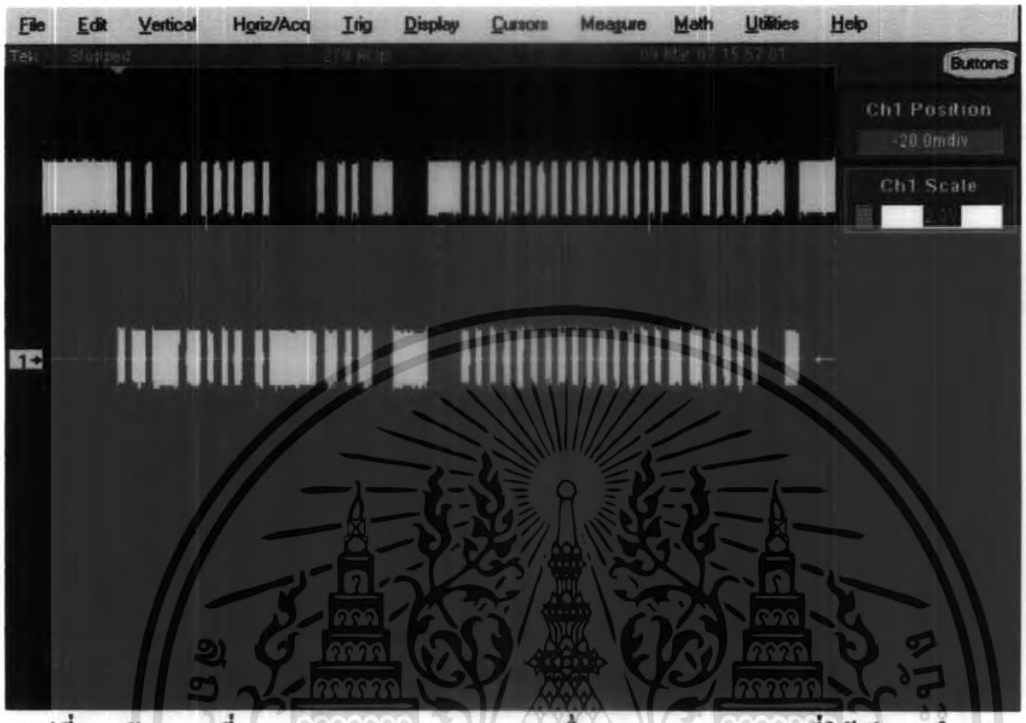


รูปที่4.1 แสดงแบบจำลองเส้นทางที่ติดตั้ง Tags

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวัดสัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna ตรวจสอบเจอ Tagsต่างๆดังนี้

- เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง " ตึกA "



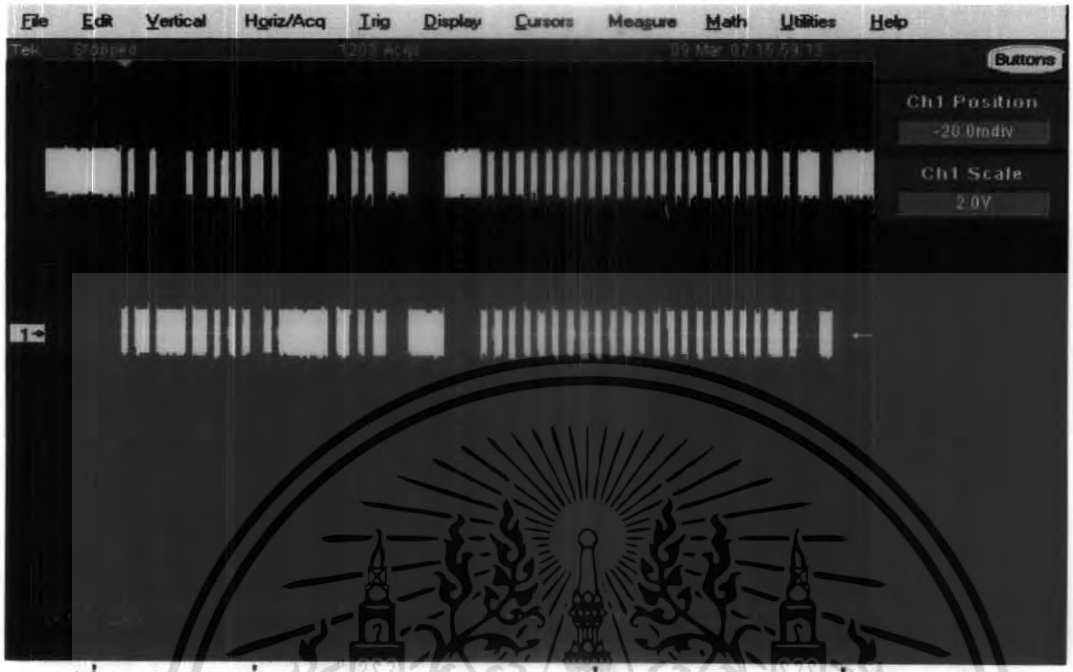
รูปที่4.2 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกA "

- เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง " ตึกB "

รูปที่4.3 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกB "

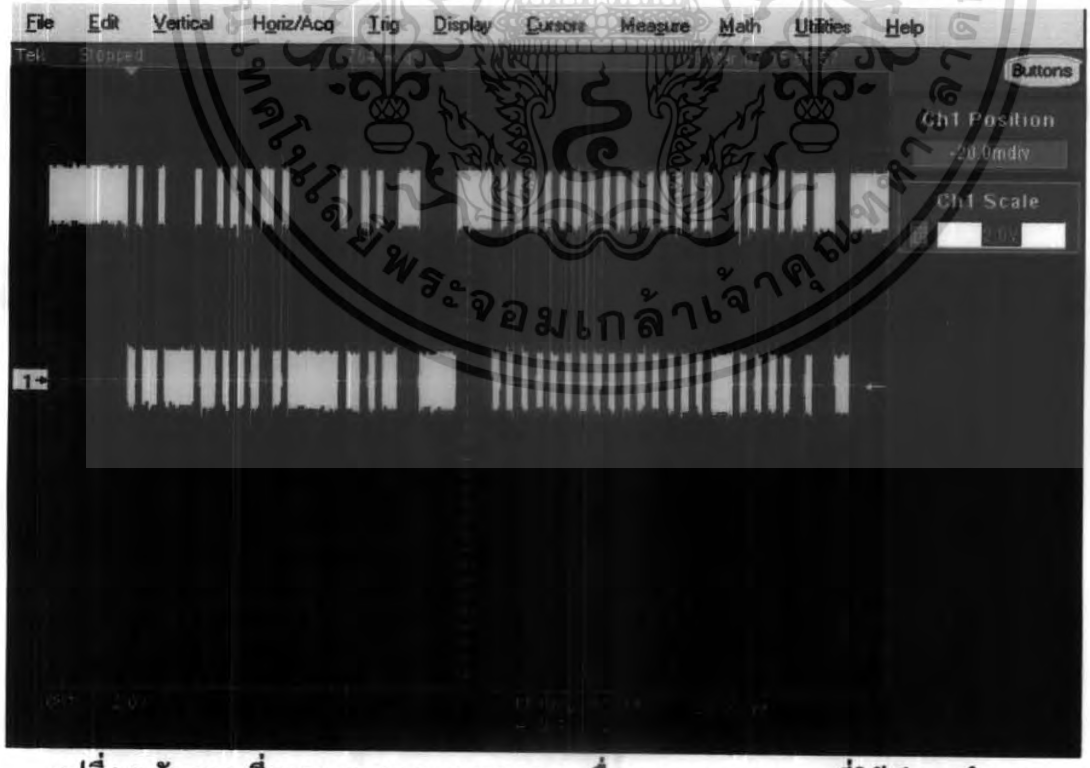
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง " ตึกC "



รูปที่4.4 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกC "

- เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง " ตึกD "



รูปที่4.5 สัญญาณที่ขา TxของRFID MODULE เมื่อAntenna เจอ Tags ที่ใช้เสียง" ตึกD "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวัดสัญญาณที่ขา10,11,12,13ของENCODERและDECODERเมื่อมีการส่งข้อมูลจากRF MODULE จะได้สองสถานะคือ 0 หรือ 1ขึ้นอยู่กับที่กำหนดไว้ซึ่งสัญญาณสถานะ0และ1ที่วัดได้เป็นดังรูปที่4.6และ4.7ดังนี้

รูปที่4.6 สัญญาณสถานะ0ที่วัดได้ของENCODERและDECODER

รูปที่4.7 สัญญาณสถานะ1ที่วัดได้ของENCODERและDECODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
สรุปผลการทดลอง

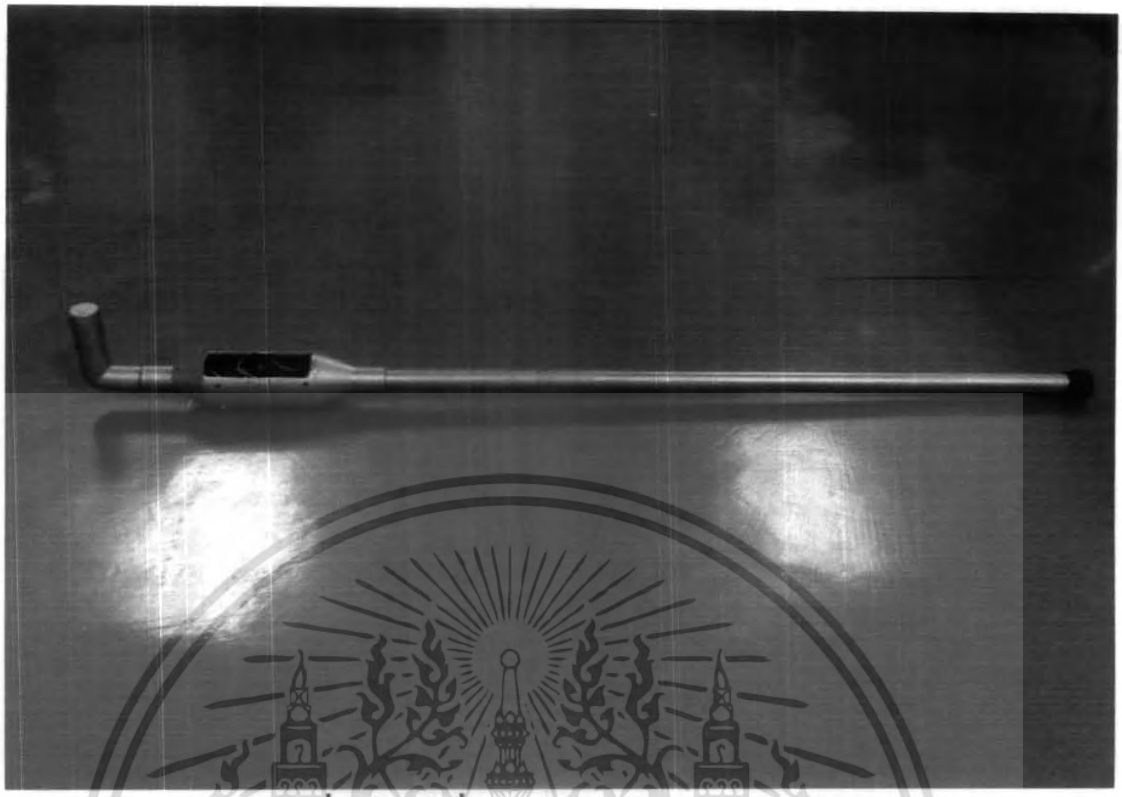
ไม้เท้านำทางคนตาบอดประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วนคือส่วนของวงจรส่งสัญญาณ RFIDและส่วนของตัว Tags

- ส่วนของวงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULE ประกอบไปด้วย -

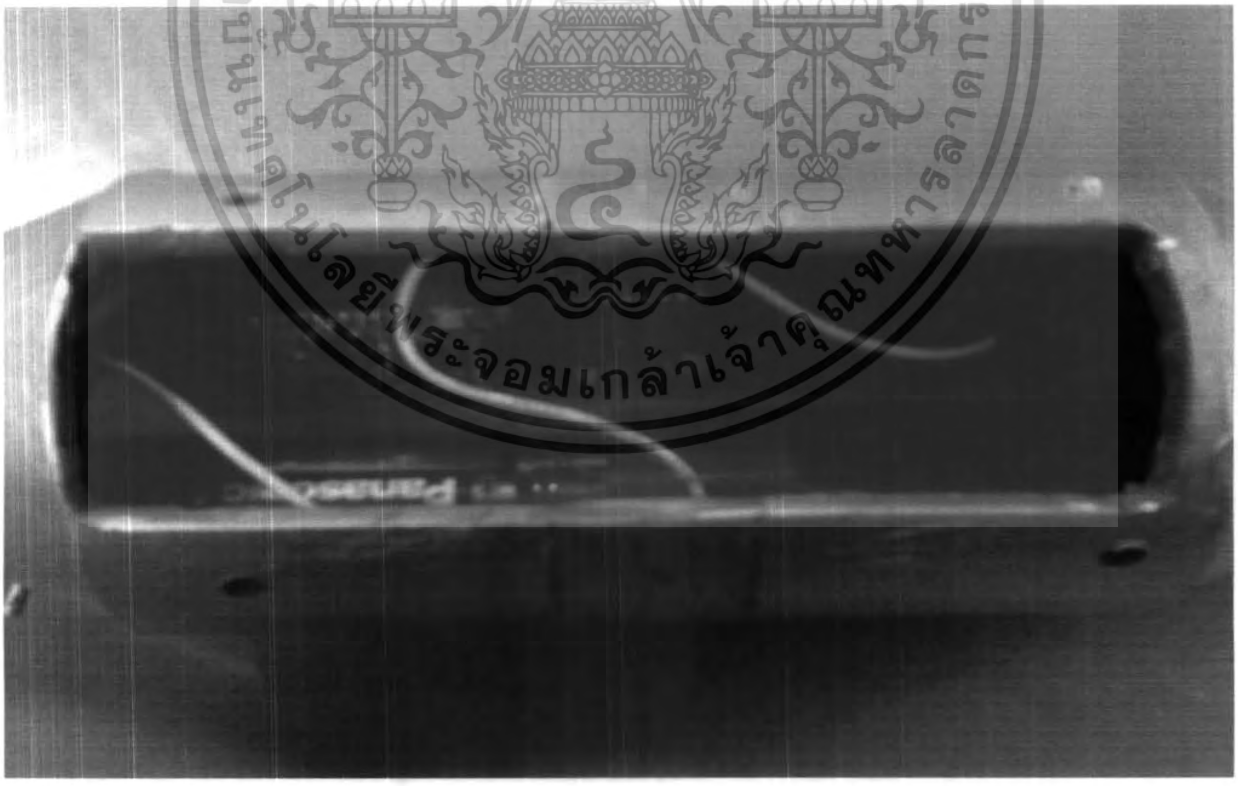
1. RFID MODULE : ใช้ในการรับหรือส่งข้อมูลให้กับ Tags
2. TLP434A : ใช้สำหรับรับสัญญาณจาก ENCODER แล้วทำการส่งข้อมูลให้กับ RLP434A
3. ENCODER(HT12E) :ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลแบบบิตก่อนที่จะเข้ารหัสส่งไปให้ RF MODULE
4. เสาอากาศ (Antenna) : เป็นตัวที่ใช้เหนี่ยวนำกับ Tags เพื่อให้เกิดการติดต่อกันระหว่าง RFID MODULE กับ Tags
5. ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628 : ใช้สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลของ RFID MODULE และ ENCODER

ซึ่งลักษณะของไม้เท้าที่ทำการออกแบบจะเป็นดังรูปที่5.1ซึ่งส่วนปลายไม้เท้าจะมีAntenna อยู่โดยทำการพันลวดทองแดงรอบแท่งที่เป็นเฟอร์ไรท์แล้วลากสายขึ้นมาจนถึงด้านบนของไม้เท้า ซึ่งมีวงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULEและรางใส่ถ่านอยู่ดังรูปที่5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5.1 ไม้เท้าที่ทำการออกแบบ



รูปที่5.2 วงจรภาคส่งสัญญาณ RFID ผ่าน RF MODULEและรางใส่ถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของวงจรภาครับสัญญาณ RFID เพื่อเล่นเสียง-

1.RLP434A : ใช้สำหรับรับข้อมูลจากTLP434Aและทำการส่งเข้าไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628

2. ISD25120 : ใช้สำหรับเล่นเสียงตามการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F628 : ใช้สำหรับควบคุมสัญญาณพัลส์ที่จะจ่ายให้กับ ISD25120

4. DECODER(HT12D) : ทำหน้าที่ในการถอดรหัสข้อมูลที่ส่งมาจาก RLP434A

5. หูฟัง : ใช้สำหรับฟังเสียงที่ออกมาจากวงจรเล่นเสียง

โดยกล่องที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้เล่นเสียงเป็นดังรูปที่5.3

รูปที่5.3 กล่องที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้เล่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของตัว Tags ประกอบไปด้วย -

1. Chip : เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลให้ Tags สามารถใช้ติดต่อกับRFID MODULE ได้

2. Coil : ภายในจะมีค่าความเหนี่ยวนำ(L)โดยจะพันให้ Tags มีค่าความเหนี่ยวนำตามที่ต้องการ

3. Capacitor : ใช้เพื่อให้ Tags ทำงานที่ความถี่ 125KHZ

3. หูฟัง : ใช้สำหรับฟังเสียงที่ออกมาจากวงจรเล่นเสียง

โดยส่วนของตัวTagsที่ออกแบบเป็นดังรูปที่5.4

รูปที่5.4 Tagsที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Klaus Finkenzeller, Second Edition, RFID HANDBOOK

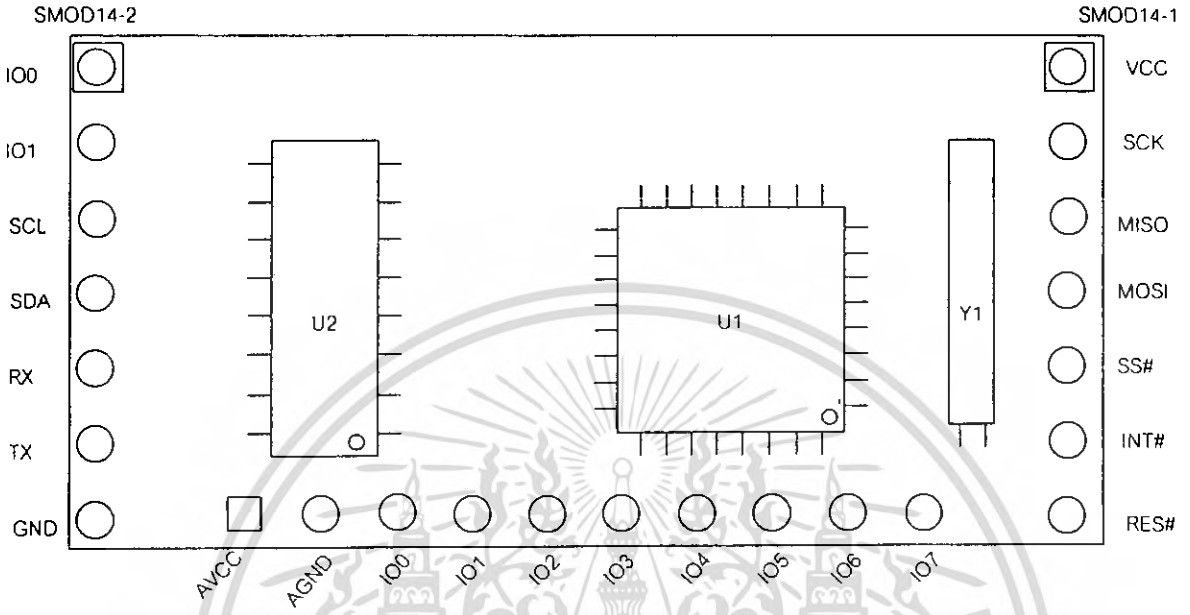
2. ณัฏฐพล วงศ์สุนทรชัย, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล : เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Control Board



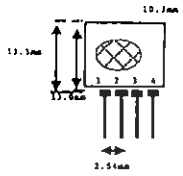
U1 AVR ATMEGA168
U2 Analog Front End U2270B
Y1 Xtal 14.7456 Mhz

SMOD14-1		Pin Description
VCC	VCC	Digital supply voltage
SCK	PB5	Bidirectioinal I/O ,SPI Bus Master Clock Input
MISO	PB4	Bidirectioinal I/O ,SPI Bus Master Input/Slave Output
MOSI	PB3	Bidirectioinal I/O ,SPI Bus Master Output/Slave Input
SS#	PB2	Bidirectioinal I/O ,SPI Bus Master Slave select
INT#	PD3	Bidirectioinal I/O ,INT1 External Interrupt 1
RES#	PC6	Reset pin
SMOD 14-2		
IO0	ANT1	Coil Driver 1
IO1	ANT2	Coil Driver 2
SCL	PC5	Bidirectioinal I/O ,2-wire Serial Bus Clock Line
SDA	PC4	Bidirectioinal I/O ,2-wire Serial Bus Data Input/Output Line
RX	RxD	Bidirectioinal I/O ,USART Input Pin
TX	TxD	Bidirectioinal I/O ,USART Output Pin
VSS		Digital Ground

Proprietary and Confidential
SiC 196/103 Mu 1 Soi Kosumruamjai, Chaengwattana Rd., Donmueang, Bangkok 10210 Thailand, (662) 985-4925
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TLP434A & RLP434A RF ASK Hybrid Modules for Radio Control (New Version)

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

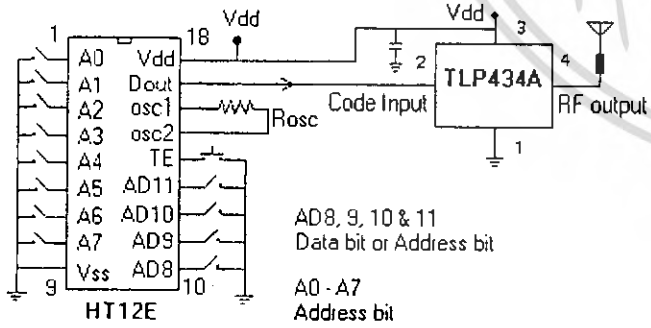
Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

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

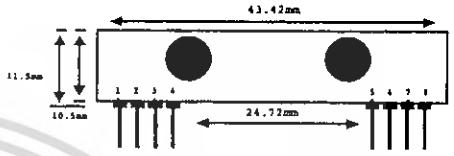
Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

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

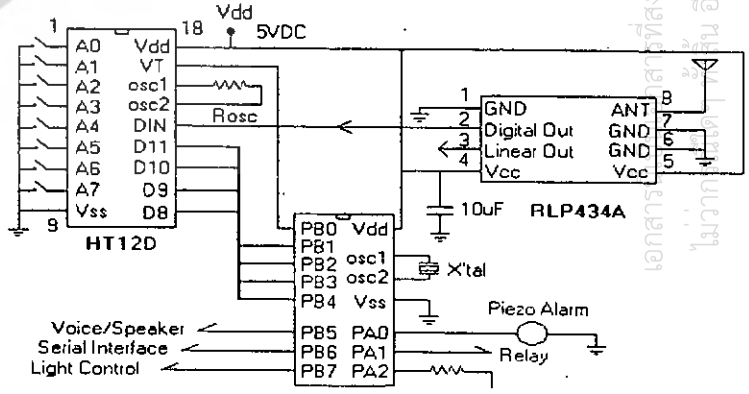
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
Itot	Operating Current		-	4.5		mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

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.

MICROCHIP

PIC16F62X

FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F627
- PIC16F628

Referred to collectively as PIC16F62X

High Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn
- All single cycle instructions (200 ns), except for program branches which are two-cycle
- Operating speed:
  - DC - 20 MHz clock input
  - DC - 200 ns instruction cycle

Device	Memory		
	FLASH Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC16F627	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628	2048 x 14	224 x 8	128 x 8

- Interrupt capability
- 16 special function hardware registers
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative addressing modes

Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (V_{REF}) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM (CCP) module
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI
- 16 Bytes of common RAM

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Multiplexed $\overline{MCLR}$-pin
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Programmable code protection
- Low voltage programming
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
  - FLASH configuration bits for oscillator options
  - ER (External Resistor) oscillator
    - Reduced part count
  - Dual speed INTRC
    - Lower current consumption
  - EC External Clock input
  - XT Oscillator mode
  - HS Oscillator mode
  - LP Oscillator mode
- In-circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Four user programmable ID locations

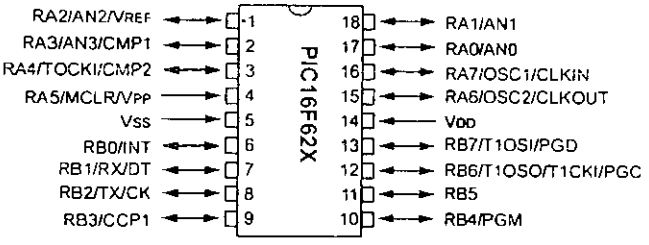
CMOS Technology:

- Low power, high speed CMOS FLASH technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range
  - PIC16F627 - 3.0V to 5.5V
  - PIC16F628 - 3.0V to 5.5V
  - PIC16LF627 - 2.0V to 5.5V
  - PIC16LF628 - 2.0V to 5.5V
- Commercial, industrial and extended temperature range
- Low power consumption
  - < 2.0 mA @ 5.0V, 4.0 MHz
  - 15 µA typical @ 3.0V, 32 kHz
  - < 1.0 µA typical standby current @ 3.0V

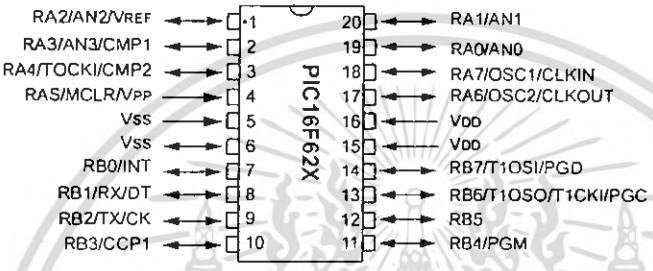
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2-1: PIC16F62X PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RA0/AN0	RA0	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN0	AN	—	Analog comparator input
RA1/AN1	RA1	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN1	AN	—	Analog comparator input
RA2/AN2/VREF	RA2	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN2	AN	—	Analog comparator input
	VREF	—	AN	VREF output
RA3/AN3/CMP1	RA3	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN3	AN	—	Analog comparator input
	CMP1	—	CMOS	Comparator 1 output
RA4/T0CKI/CMP2	RA4	ST	OD	Bi-directional I/O port
	T0CKI	ST	—	Timer0 clock input
	CMP2	—	OD	Comparator 2 output
RA5/$\overline{MCLR}$/VPP	RA5	ST	—	Input port
	$\overline{MCLR}$	ST	—	Master clear
	VPP	—	—	Programming voltage input. When configured as $\overline{MCLR}$, this pin is an active low RESET to the device. Voltage on $\overline{MCLR}$/VPP must not exceed VDD during normal device operation.
RA6/OSC2/CLKOUT	RA6	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	OSC2	XTAL	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
	CLKOUT	—	CMOS	In ER/INTRC mode, OSC2 pin can output CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1
RA7/OSC1/CLKIN	RA7	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	OSC1	XTAL	—	Oscillator crystal input
	CLKIN	ST	—	External clock source input. ER biasing pin.
RB0/INT	RB0	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	INT	ST	—	External interrupt.
RB1/RX/DT	RB1	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	RX	ST	—	USART receive pin
	DT	ST	CMOS	Synchronous data I/O.
RB2/TX/CK	RB2	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port.
	TX	—	CMOS	USART transmit pin
	CK	ST	CMOS	Synchronous clock I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB3/CCP1	RB3	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	CCP1	ST	CMOS	Capture/Compare/PWM I/O

Legend: O = Output — = Not used TTL = TTL Input
CMOS = CMOS Output I = Input OD = Open Drain Output
P = Power ST = Schmitt Trigger Input AN = Analog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 2-1: PIC16F62X PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RB4/PGM	RB4	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	PGM	ST	—	Low voltage programming input pin. Interrupt-on-pin change. When low voltage programming is enabled, the interrupt-on-pin change and weak pull-up resistor are disabled.
RB5	RB5	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC	RB6	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSO	—	XTAL	Timer1 oscillator output.
	T1CKI	ST	—	Timer1 clock input.
	PGC	ST	—	ICSP™ Programming Clock.
RB7/T1OSI/PGD	RB7	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSI	XTAL	—	Timer1 oscillator input. Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	PGD	ST	CMOS	ICSP Data I/O
VSS	VSS	Power	—	Ground reference for logic and I/O pins
VDD	VDD	Power	—	Positive supply for logic and I/O pins

Legend: O = Output — = Not used TTL = TTL Input
CMOS = CMOS Output I = Input OD = Open Drain Output
P = Power ST = Schmitt Trigger Input AN = Analog

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

National Semiconductor

January 2000

LM78LXX Series
3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM78LXX series of three terminal positive regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78LXX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, and lower quiescent current. These regulators can provide local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow the LM78LXX to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment.

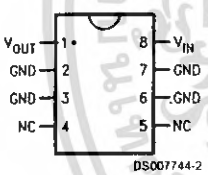
The LM78LXX is available in the plastic TO-92 (Z) package, the plastic SO-8 (M) package and a chip sized package (8-Bump micro SMD) using National's micro SMD package technology. With adequate heat sinking the regulator can deliver 100 mA output current. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistors is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Features

- LM78L05 in micro SMD package
- Output voltage tolerances of ±5% over the temperature range
- Output current of 100 mA
- Internal thermal overload protection
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in plastic TO-92 and plastic SO-8 low profile packages
- No external components
- Output voltages of 5.0V, 6.2V, 8.2V, 9.0V, 12V, 15V

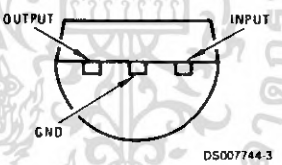
Connection Diagrams

SO-8 Plastic (M)
(Narrow Body)



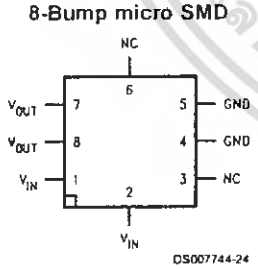
Top View

(TO-92)
Plastic Package (Z)



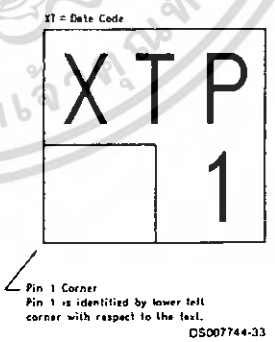
Bottom View

8-Bump micro SMD



Top View
(Bump Side Down)

micro SMD Marking Orientation

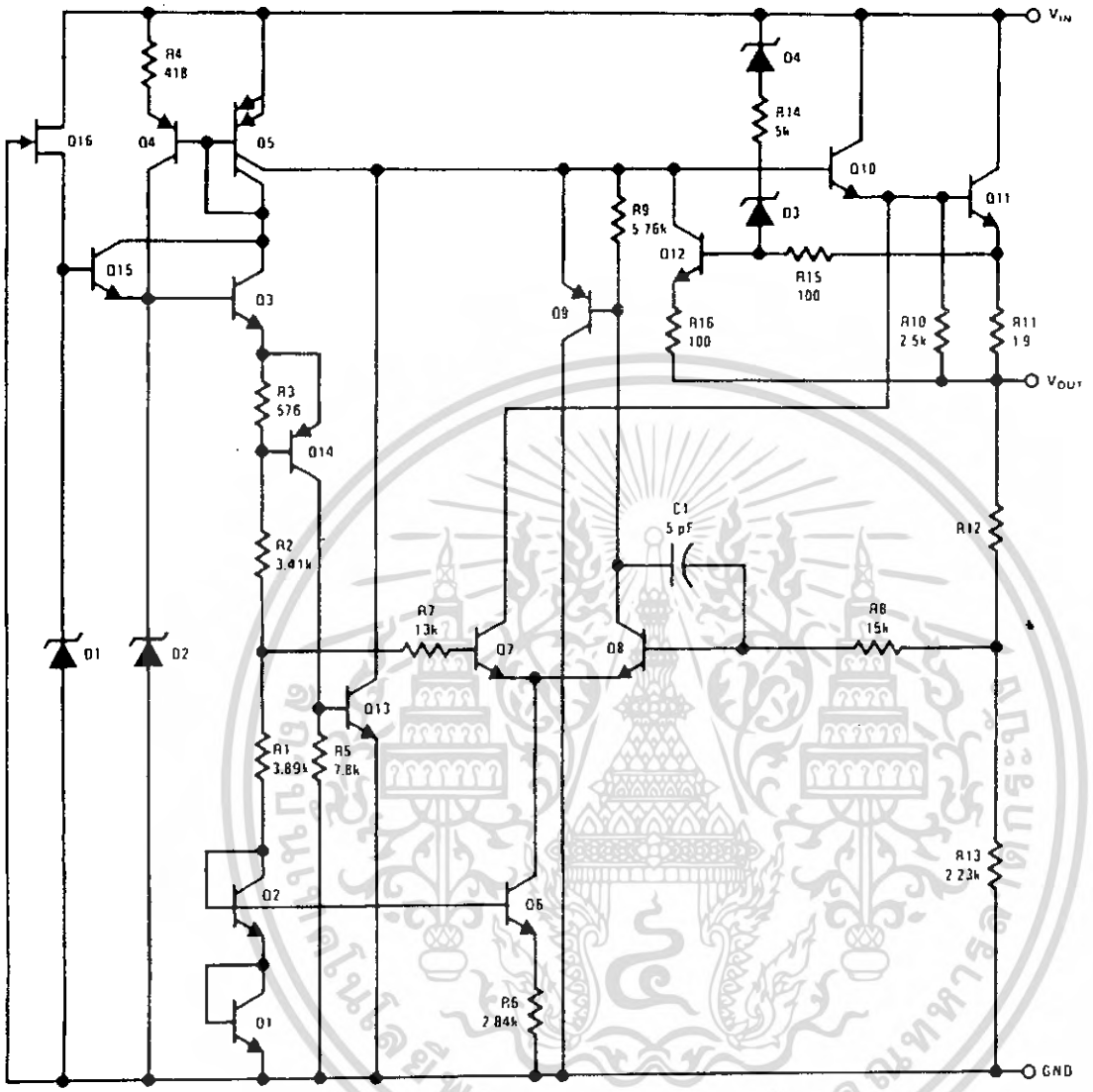


Top View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Equivalent Circuit

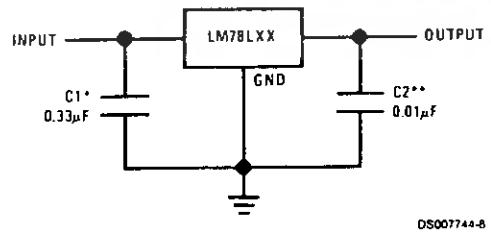
LM78LXX



DS007744-7

Typical Applications

Fixed Output Regulator



DS007744-8

*Required if the regulator is located more than 3" from the power supply filter.
**See (Note 4) in the electrical characteristics table.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOLTEK

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.

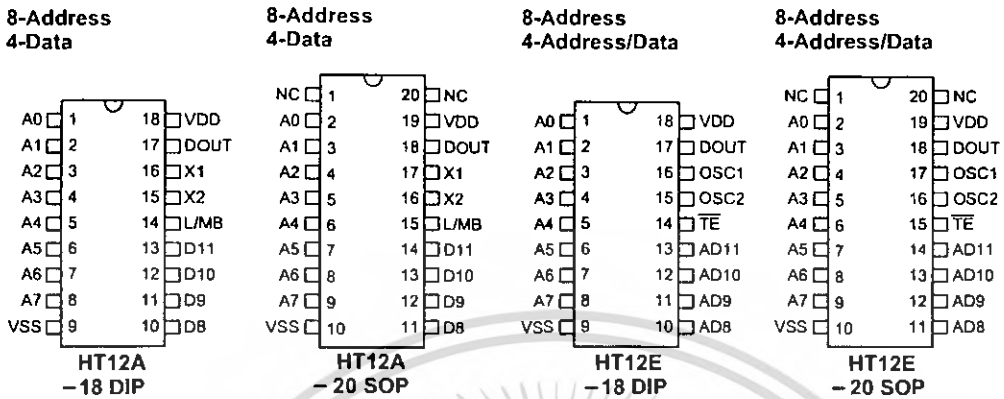
Selection Table

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

Pin Assignment



Pin Description

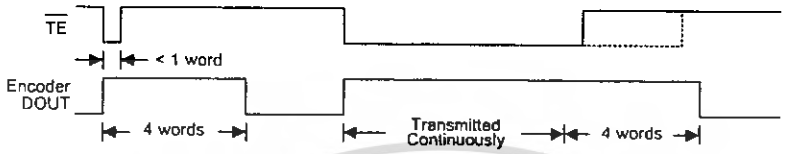
Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A7	I	CMOS IN Pull-high (HT12A) NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address A0~A7 setting These pins can be externally set to VSS or left open
AD8~AD11	I	NMOS TRANSMISSION GATE PROTECTION DIODE (HT12E)	Input pins for address/data 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

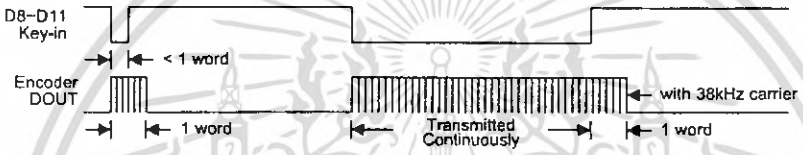
Functional Description

Operation

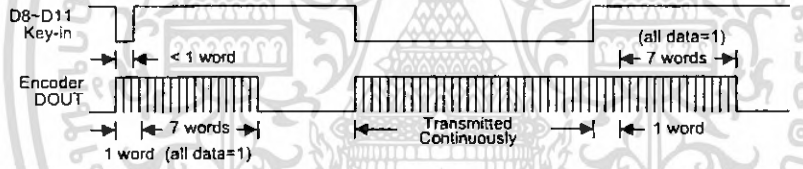
The 2^{12} series of encoders begin a 4-word transmission cycle upon receipt of a transmission enable ($\overline{TE}$ for the HT12E or D8~D11 for the HT12A, active low). This cycle will repeat itself as long as the transmission enable ($\overline{TE}$ or D8~D11) is held low. Once the transmission enable 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

HOLTEK

2^{12} Series of Decoders

Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Pair with Holtek's 2^{12} series of encoders
- 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

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

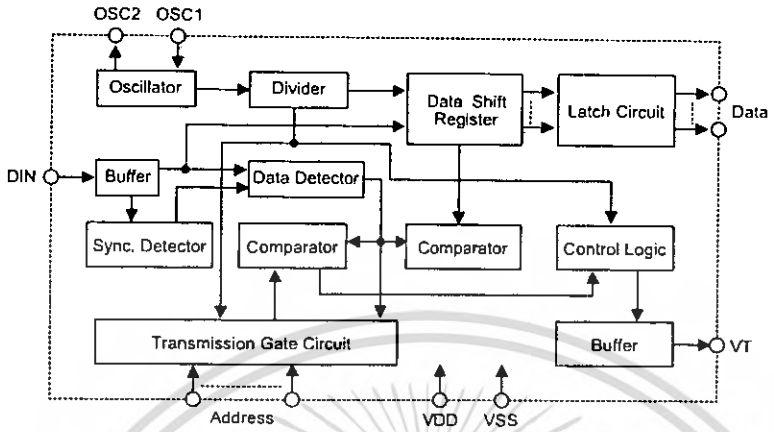
Function / Part No.	Address No.	Data No.	Data Type	VT	Oscillator	Trigger	Package
HT12D	8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP/20 SOP
HT12F	12	0	—	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18 DIP/20 SOP

Notes: Data type: L stands for latch type data output.

VT can be used as a momentary data output.

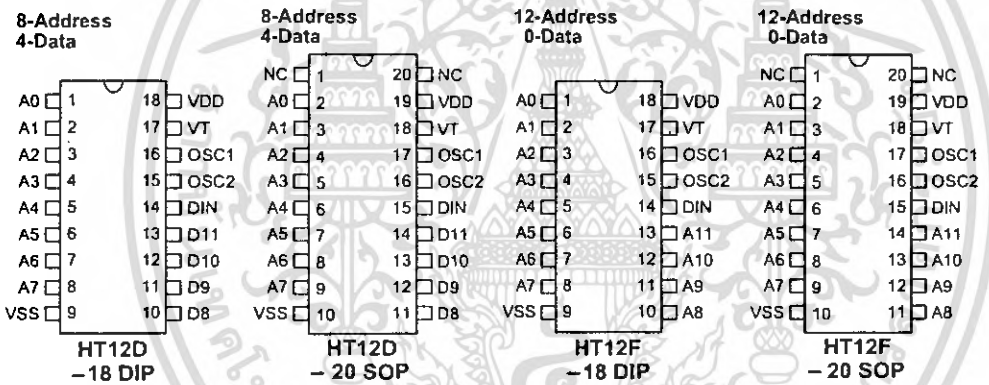
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



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

Pin Assignment

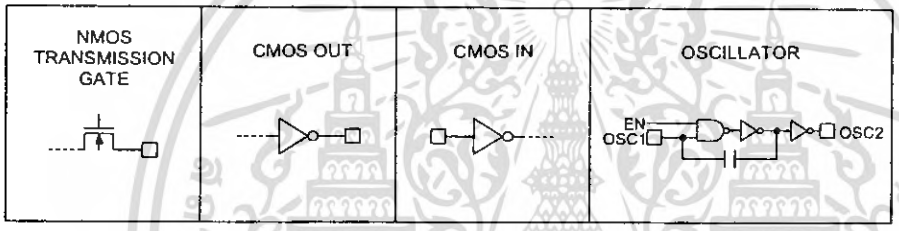


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

Pin Name	I/O	Internal Connection	Description
A0~A11	I	NMOS TRANSMISSION GATE	Input pins for address A0~A11 setting They can be externally set to VDD or VSS.
D8~D11	O	CMOS OUT	Output data pins
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	I	—	Negative power supply (GND)
VDD	I	—	Positive power supply

Approximate internal connection circuits



Absolute Maximum Ratings

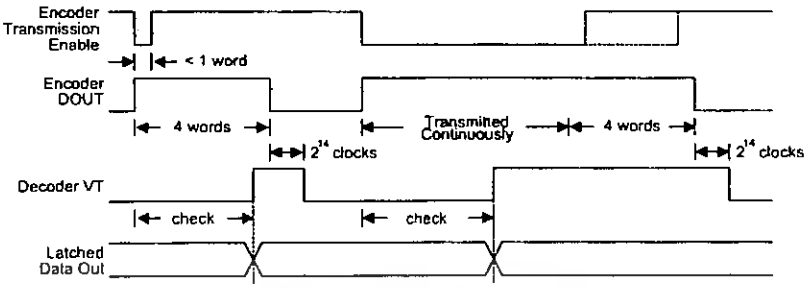
Supply Voltage.....–0.3V to 13V Storage Temperature.....–50°C to 125°C

Input Voltage.....V_{SS}–0.3 to V_{DD}+0.3V 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

Decoder timing



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	18	20	18	20
				HT12E	18	20		
HT12F	0	12	√	HT12A	18	20	18	20
				HT12E	18	20		

Address/Data sequence

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้