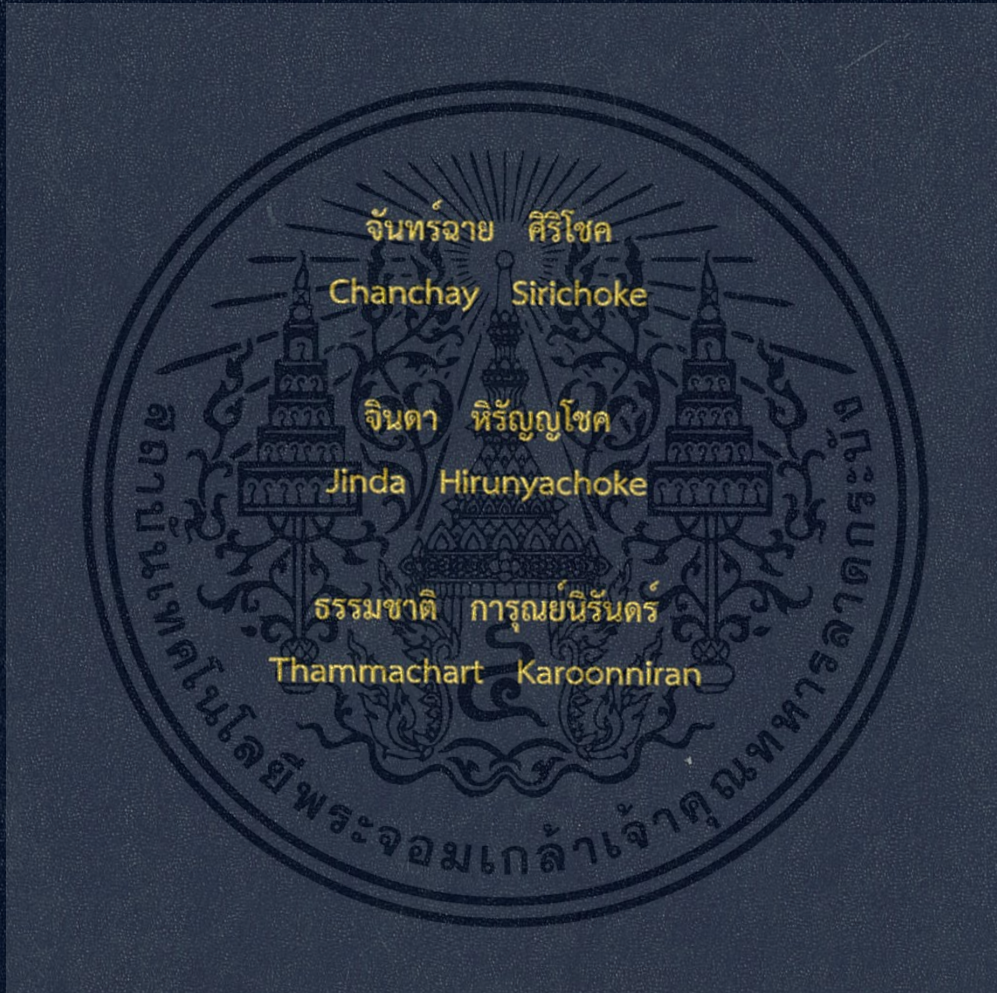


ระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

ระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION



T139914

โดย

นางสาวจันทร์ฉาย

ศิริโชค

นางสาวจินดา

ทริญญโชค

นายธรรมชาติ

การุณย์นิรันตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประภากร

สุวรรณะ

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....139914

วัน,เดือน,ปี.....20.11.2558

b. 12729437
i.

ปฏิญญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ

RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION

ผู้จัดทำ นางสาวจันทร์ฉาย ศิริโชค รหัส 54010188

นางสาวจินดา หิรัญญ์โชค รหัส 54010197

นายธรรมชาติ การุณย์นิรันตร์ รหัส 54010597

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ประภากร สุวรรณะ)

7 / พค / 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	ระบบการชี้เฉพาะโดยคลื่นความถี่วิทยุ		
นักศึกษา	นางสาวจันทร์ฉาย ศิริโชค	รหัสประจำตัว	54010188
	นางสาวจินดา หิรัญญโชค	รหัสประจำตัว	54010197
	นายธรรมชาติ การุณย์นิรันตร์	รหัสประจำตัว	54010597
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์		
ปีการศึกษา	2557		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	ผศ. ประภากร สุวรรณะ		

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้เป็นการออกแบบเพื่อสร้างอุปกรณ์ที่เป็นระบบการชี้เฉพาะโดยคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งเรียกว่า RFID (Radio Frequency Identification) ทำงานที่ความถี่ 125 kHz โครงสร้างจะประกอบไปด้วยการทำงานหลักสองภาคส่วนได้แก่ เครื่องลูกข่าย และ เครื่องอ่าน โดยสองส่วนนี้จะทำการสื่อสารกัน ด้วยการอาศัยช่องความถี่วิทยุ ซึ่งการส่งข้อมูลนั้น ใช้หลักการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องอ่าน ให้กับเครื่องลูกข่าย จากนั้นเครื่องลูกข่ายจะรับพลังงานผ่านมายังขดลวดและวงจรรีโซแนนซ์ทำให้เครื่องลูกข่ายสามารถทำงานได้โดยเครื่องลูกข่ายจะทำการส่งสัญญาณกับข้อมูลไปที่ตัวอ่านข้อมูล จากนั้นตัวอ่านข้อมูลจะทำการประมวลผลออกมาผ่านทางจอแสดงผล

Thesis Title	RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION		
Student	Miss. Chanchay Sirichoke	Student ID	54010188
	Miss. Jinda Hirunyachoke	Student ID	54010197
	Mr. Thammachart Karoonniran	Student ID	54010597
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2014		
Thesis Advisor	Assist.Prof. Prapakorn Suwana		

ABSTRACT

This report refer to about design for Radio Frequency Identification. Work at frequency in 125 kHz features work with Tag and Reader in this two part will communicate to apply Radio Frequency Channel and working principle will use electric power transmission from reader sent the power to tag. Tag will receive power through the coil and the resonance circuit will make tag can sent a signal and data to reader and then the data reader will be process a result into a LCD display.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ

ผศ. ประภากร สุวรรณะ (อาจารย์ที่ปรึกษา) ที่ให้การอุปการะในการให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ และทางภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่สั่งสอนให้ความรู้จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วง

นอกจากนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อคุณแม่ที่ให้การสนับสนุนทางการเงิน ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ได้



จันทร์ฉาย

ศิริโชค

จินดา

หิรัญญโชค

ธรรมชาติ

การุณย์นรินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ III บังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	1
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	2
2.1 ความหมายของระบบ Auto-ID.....	2
2.2 ความหมายของระบบ RFID.....	4
2.3 มาตรฐาน RFID.....	5
2.4 การนำ RFID ไปใช้งาน.....	5
2.5 องค์ประกอบของ RFID.....	6
2.5.1 Tag หรือ Transponder.....	7
2.5.2 Reader หรือ Interrogator.....	11
2.6 การทำงานของ RFID.....	13
2.6.1 ลักษณะการทำงานของระบบ RFID.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ IV อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6.2	หลักการและเทคนิคที่ใช้รับและส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน.....	14
2.7	องค์ประกอบขั้นพื้นฐานของการสื่อสาร.....	15
2.8	อนาล็อกและดิจิตอล.....	15
2.8.1	ข้อมูลอนาล็อกและสัญญาณอนาล็อก.....	15
2.8.2	ข้อมูลดิจิตอลและสัญญาณดิจิตอล.....	16
2.9	การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ.....	17
2.9.1	การแปลงข้อมูลอนาล็อกเป็นสัญญาณอนาล็อก.....	17
2.9.1.1	การมอดูเลททางขนาด.....	17
2.9.1.2	การมอดูเลททางความถี่.....	18
2.9.1.3	การมอดูเลททางเฟส.....	19
2.9.2	การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณดิจิตอล.....	20
2.9.2.1	Polar Encoding.....	21
2.9.2.1.1	Non Return to Zero (NRZ).....	21
2.9.2.1.2	การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์.....	22
2.9.2.1.3	Differential Manchester.....	22
2.9.3	การแปลงข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก.....	22
2.9.3.1	การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมพลิจูด (ASK).....	23
2.9.3.2	การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (PSK).....	23
2.10	การสื่อสารแบบไร้สาย.....	24
2.11	คลื่นพาหะในระบบ RFID.....	25
2.12	อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์.....	26
2.13	ระยะการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง.....	26
2.14	รูปแบบการรับส่งข้อมูลโดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุ.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.14.1 การสื่อสารแบบ Full Duplex.....	27
2.14.2 การสื่อสารแบบ Half Duplex.....	27
2.14.3 การสื่อสารแบบ Sequential.....	27
2.14.4 การสื่อสารแบบ Simplex.....	27
2.15 เทคโนโลยี RFID ที่ใช้การสื่อสารแบบ Duplexing.....	27
2.16 วงจรเรโซแนนซ์.....	29
2.16.1 หลักการวงจรเรโซแนนซ์.....	29
2.16.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม.....	30
2.16.3 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน.....	32
2.16.4 ตัวประกอบคุณภาพ (Quality Factor: Q).....	33
2.16.5 แบนด์วิดท์ (Bandwidth: BW).....	35
บทที่ 3 การออกแบบวงจรและการคำนวณ.....	37
3.1 การคำนวณของวงจรขับ Reader Coil Drive TAG Coil.....	37
3.2 การหาค่า $(NI)_{rms}$ ของ Reader Coil Drive.....	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	45
4.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในวงจร.....	45
4.2 ผลการทดลองของการส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน (Reader) มายังเครื่องลูกข่าย (Tag) ในกรณีที่มีโหลด $R_L = 500 \Omega$	54
4.3 Flowchart ของ Reader.....	55
4.4 Flowchart ของ Tag.....	56
4.5 ผลการทดลองของจอแสดง.....	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ VI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.5.1 กรณีที่ข้อมูลตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ.....	57
4.5.2 กรณีที่ข้อมูลไม่ตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ.....	58
4.6 ผลการทดลองระยะการรับส่งข้อมูล.....	60
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	61
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	61
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ.....	3
2.2 ย่นความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน.....	25
3.1 TAG(NQ _L) Product Calculation.....	42
4.1 แสดงผลการทดลองของการส่งพลังงานจาก Reader มายัง Tag ในกรณีที่มีโหลด R _L = 500 Ω.....	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบ Auto-ID	2
2.2 ตัวอย่างระบบ Auto-ID ในแต่ละประเภท.....	3
2.3 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของระบบ RFID.....	6
2.4 Tag รูปแบบต่างๆ.....	7
2.5 ตำแหน่งของแท็กที่เหมาะสมสำหรับย่านของสายอากาศที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ.....	8
2.6 ระบบการอ่าน / เขียนข้อมูลอย่างง่ายของRFID.....	9
2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag.....	10
2.8 แสดงโครงสร้างภายในเครื่องอ่าน.....	11
2.9 ลักษณะเครื่องอ่าน RFID ที่แตกต่างกันตามการใช้งาน.....	12
2.10 แสดงตัวอย่างการใช้งานแท็กและตัวอ่านข้อมูล (Reader).....	12
2.11 แสดงแผนผังการทำงานของระบบ RFID.....	13
2.12 แสดงความสูงของคลื่นสัญญาณพาหะ.....	17
2.13 การแปลงสัญญาณทางขนาด (Amplitude Modulation : AM).....	17
2.14 แสดงการแปลงสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation : FM).....	18
2.15 การแปลงสัญญาณทางเฟส.....	19
2.16 การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล.....	20
2.17 ชนิดของการแปลงข้อมูลดิจิทัล เป็นสัญญาณดิจิทัล.....	20
2.18 ชนิดของ Polar Encoding.....	20
2.19 รูปแบบสัญญาณดิจิทัล.....	21
2.20 Non Return to Zero.....	21
2.21 แสดงสัญญาณรูปคลื่นที่เข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester).....	22
2.22 การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมพลิจูด.....	23
2.23 การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ IX อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.24 แสดงการสื่อสารระหว่างแท็กและตัวรับข้อมูล.....	24
2.25 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม.....	30
2.26 แผนภาพเฟสเซอร์ของวงจร.....	31
2.27 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน.....	32
2.28 แผนภาพเฟสเซอร์ของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน.....	32
2.29 แผนภาพแสดงแบนด์วิดท์.....	35
3.1 Reader Coil (3x6) in ² Loop.....	43
3.2 ส่วนหนึ่งของฝั่ง Reader เพื่อคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ.....	44
4.1 กราฟสัญญาณที่ขา 5 (ขา Q ₅) ของ CD4060 ในฝั่ง Reader.....	45
4.2 กราฟสัญญาณที่ได้จากการวัดคร่อมตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกัน มีค่า C= 5.6 nF,1.5 nF และ 3.3 nF ที่ฝั่ง Reader ในกรณี No Load.....	45
4.3 กราฟสัญญาณที่ได้จากการวัดคร่อมตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกัน มีค่า C= 5.6 nF,1.5 nF และ 3.3 nF ที่ ฝั่ง Reader ในกรณีมี Load จาก Tag.....	46
4.4 กราฟสัญญาณที่ได้จากการวัดคร่อมตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกัน มีค่า C= 2 nF และ18 nF ที่ฝั่ง Tag เมื่อมีการเรโซแนนซ์กับฝั่งReader.....	46
4.5 กราฟสัญญาณที่ได้จากขา V _{out} ของ HT7150 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Voltage Regulator ที่ฝั่ง Tag.....	47
4.6 กราฟสัญญาณที่ได้จากขา 16 (ขา V _{DD}) ของ CD4060 ที่ฝั่ง Tag.....	47
4.7 กราฟสัญญาณที่ได้จาก KSP10 ขา collector ที่ฝั่ง Tag.....	48
4.8 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 9 (จุด Test Point) ที่ฝั่ง Tag.....	48
4.9 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 7 (Q ₄) ของฝั่งTag.....	49
4.10 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 7 (Q ₄) ที่ฝั่ง Tag.....	49
4.11 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 5 (Q ₅) ของฝั่ง Tag.....	50
4.12 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 5 (ขา Q ₅) ที่ฝั่ง Tag.....	50
4.13 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 4 (Q ₆) ของฝั่ง Tag.....	51
4.14 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 4 (ขา Q ₆) ที่ฝั่ง Tag.....	51

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 6 (Q ₇) ของฝั่ง Tag.....	52
4.16 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 6 (ขา Q ₇) ที่ฝั่ง Tag.....	52
4.17 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา14 (Q ₈) ของฝั่ง Tag.....	53
4.18 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 14 (ขา Q ₈) ที่ฝั่ง Tag.....	53
4.19 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผลเริ่มต้น ปรากฏคำว่า “WELCOME”	57
4.20 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อภาครับได้รับข้อมูลจากภาคส่ง ในกรณีที่ข้อมูลภาคส่งตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ.....	57
4.21 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อไม่มีการส่งผ่านข้อมูลจากภาครับ.....	58
4.22 หน้าจอแสดงผลเริ่มต้นเมื่อวงจรมีการทำงาน.....	58
4.23 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อภาครับได้รับข้อมูลจากภาคส่ง ในกรณีที่ข้อมูลภาคส่งไม่ตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ.....	59
4.24 หน้าจอแสดงผลเมื่อไม่มีการส่งผ่านข้อมูล.....	59
4.25 ภาพวัตรระยะทาง เมื่อนำขดลวดจากฝั่ง Tag ไปสัมผัสกับขดลวดที่ฝั่ง Reader.....	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เทคโนโลยีหนึ่งที่เราสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน คือ การใช้บัตรสมาชิกโดยการแตะที่เครื่องอัตโนมัติเพื่อซื้อสินค้าตามร้านสะดวกซื้อ การยืม-คืนหนังสือที่ห้องสมุดสถาบันฯ การใช้คีย์การ์ดเพื่อเข้าออกห้องพัก เป็นต้น ซึ่งเป็นการใช้งานโดยอาศัยหลักการของ RFID (Radio Frequency Identification) คณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาระบบการทำงานของเทคโนโลยีดังกล่าว แม้ว่าจะมีการพัฒนาระบบ RFID ออกมาเป็นจำนวนมาก โดยแต่ละแบบก็จะพบลักษณะการใช้งานที่ต่างกันไป มีข้อดี-ข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปนั้น แต่คณะผู้จัดทำมีความเห็นที่จะศึกษาระบบดังกล่าวเพราะสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาขั้นตอนของการทำงานนี้ไปใช้เป็นความรู้พื้นฐาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้ในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

นั้ระบบการทำงานที่อาศัยหลักการของ RFID (Radio Frequency Identification) มาศึกษาในส่วนต่างๆ อาทิ การส่งผ่านพลังงาน และการส่งข้อมูล เพื่อนำไปใช้เป็นความรู้พื้นฐานในการพัฒนาศักยภาพต่อไป

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เมื่อวงจรมีการส่งผ่านพลังงานจากภาครับ จะส่งผลให้ภาคส่ง มีพลังงานเพียงพอสำหรับการส่งผ่านข้อมูลมาแสดงผลยังจอแสดงผลในส่วนของภาครับ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

- วงจรในภาครับและภาคส่ง มีการส่งผ่านพลังงานในย่านความถี่ 125 kHz เพื่อใช้ในการส่งผ่านข้อมูล
- วันที่ 23 มกราคม 2558 ถึง 23 เมษายน 2558

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

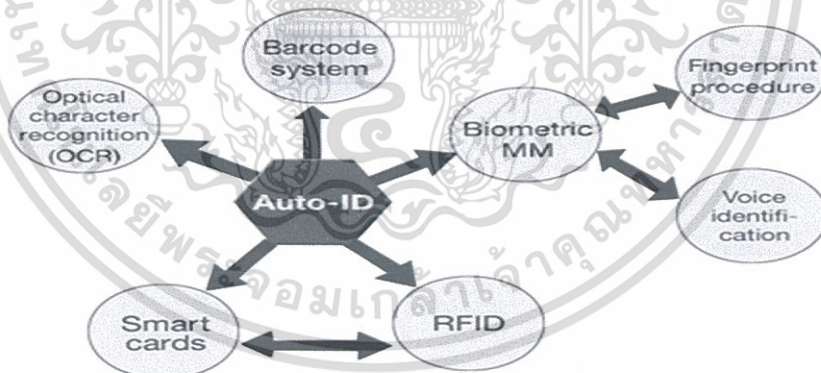
สามารถศึกษาการทำงานของระบบ RFID (Radio Frequency Identification) ในย่านความถี่หนึ่ง โดยสามารถทราบถึงหลักการส่งผ่านพลังงาน รวมถึงการรับ-ส่งข้อมูล ในลักษณะไร้สาย

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ความหมายของระบบ Auto-ID

Auto-ID หรือ ระบบบ่งชี้อัตโนมัติเป็นคำเรียกรวมๆของเทคโนโลยีที่ช่วยให้อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือเครื่องจักรสามารถบ่งบอกวัตถุสิ่งของหรือแม้แต่คนหรือได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งโดยระบบแล้วมักจะประกอบด้วยส่วนที่อ่านหรือรับข้อมูลโดยอัตโนมัติ แล้วทำการประมวลผลหรือส่งข้อมูลนี้เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีคนช่วย วัตถุประสงค์ของระบบบ่งชี้อัตโนมัตินี้เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ และยังลดเวลาของการจัดเก็บข้อมูล ตัวอย่างของเทคโนโลยีบ่งชี้อัตโนมัติ ได้แก่ เทคโนโลยีรหัสแท่ง (Barcode) เทคโนโลยีบัตรรอกเนกประสงค์ (Smart Card) เทคโนโลยีด้านชีวภาพ (Voice Recognition) ระบบลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint Scan) ระบบสแกนม่านตา (Iris Scan) เทคโนโลยีการรู้จำลายเซ็น (Signature Recognition) และเทคโนโลยีการบ่งชี้วัตถุโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ หรือ RFID ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังมีบทบาทและความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี RFID มีรูปแบบหลากหลายด้วยจุดประสงค์ที่แตกต่างกันขึ้นกับการนำไปใช้งานในแต่ละรูปแบบ



รูปที่ 2.1 ระบบ Auto-ID

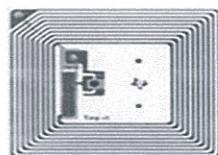
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายพิมพ์นิ้วมือ



การรู้จำเสียงพูด



อาร์เอฟไอดี

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างระบบ Auto-ID ในแต่ละประเภท

รายการ	รหัสแท่ง	ความรู้จำอักษร	การรู้จำเสียงพูด	ไบโอเมตริกซ์	บัตรอเนกประสงค์	คลื่นวิทยุ
ความจุข้อมูล (Bytes)	1-100	1-100	-	-	16-64 kb	16-64 kb
การอ่านข้อมูลโดยคน	อ่านได้จำกัด	ได้ง่าย	ได้ง่าย	ยาก	ไม่สามารถอ่านได้	ไม่สามารถอ่านได้
ปัญหาของความชื้น	มีผลกระทบสูง	มีผลกระทบสูง	-	-	มีผลต่อจุดสัมผัส	ไม่มีผล
เมื่อโดนปิดบัง	ไม่สามารถอ่านได้	ไม่สามารถอ่านได้	-	ยังคงทำงานได้	-	ไม่มีผล
ทิศทางการอ่านมีผลกระทบ	น้อย	น้อย	-	-	อ่านได้แนวเดียว	ไม่มีผล
การสึกหรอ/ชำรุด	ควบคุมได้	ควบคุมได้	-	-	ส่วนหัวสัมผัส	ไม่มีผล
ราคาอุปกรณ์และระบบ	ต่ำมาก	ปานกลาง	แพงมาก	แพงมาก	ต่ำ ถึง ปานกลาง	ปานกลาง
การแก้ไขหรือปลอมแปลง	ทำได้ง่าย	ทำได้ง่าย	อาจทำได้ (บันทึกเสียง)	ทำยาก	ทำได้ยากมาก	ทำได้ยากมาก
อัตราเร็วในการอ่านข้อมูล	ต่ำ ใช้เวลา 4 s.	ต่ำ ใช้เวลา 3 s.	ต่ำมาก ใช้เวลามากกว่า 5 s	ต่ำมาก ใช้เวลามากกว่า 5-10s	ต่ำ ใช้เวลา 4 s	เร็วมาก ใช้เวลา 0.5 s
ระยะในการอ่านข้อมูล	0-50 ซม.	น้อยกว่า 1 ซม.	0-50 ซม.	สัมผัสโดยตรงหรือใกล้มาก	สัมผัสโดยตรง	0-5 ม. หรือมากกว่า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อแตกต่างของเทคโนโลยีในแต่ละระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความหมายของระบบ RFID

RFID ย่อมาจากคำว่า Radio Frequency Identification เป็นระบบชนิดที่ได้ออกพัฒนา มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 โดยที่อุปกรณ์ RFID ที่มีการประดิษฐ์ขึ้นใช้งานเป็นครั้งแรกนั้น เป็นผลงานของ Leon Theremin ซึ่งสร้างให้กับรัฐบาลของประเทศรัสเซียในปี ค.ศ.1945 ซึ่งอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น มาในเวลานั้นทำหน้าที่เป็นเครื่องมือดักจับสัญญาณ ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นตัวระบุเอกลักษณ์อย่าง ที่ใช้งานในปัจจุบัน

RFID ในปัจจุบันมีลักษณะเป็นป้ายอิเล็กทรอนิกส์ (RFID Tag) ที่สามารถอ่านค่าได้โดยผ่านคลื่นวิทยุจากระยะห่าง เพื่อตรวจติดตามและบันทึกข้อมูลที่ติดอยู่กับป้าย ซึ่งนำไปฝังไว้ในหรือติดอยู่กับวัตถุต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ กล่อง หรือสิ่งของต่างๆ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยการสัมผัส (Contact Less) หรือต้องเห็นวัตถุนั้นๆ ก่อน ทำงานโดยใช้เครื่องอ่านที่สื่อสารกับป้ายด้วยคลื่นวิทยุในการอ่าน และเขียนข้อมูล RFID มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าระบบบาร์โค้ดดังนี้

- RFID สามารถอ่านได้โดยอัตโนมัติ การใช้งานรหัสแท่งผู้ใช้จะต้องนำเครื่องสแกนไปอ่านที่แถบรหัส ขณะที่ RFID สามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ เมื่อป้ายอยู่ในรัศมีของการอ่าน จึงเหมาะกับงานที่ต้องการการทำงานแบบอัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงาน เช่น ในระบบลำเลียงในโรงงาน เมื่อลำเลียงผ่านขบวนรถไฟก็สามารถตรวจสอบและบันทึกได้ เพียงเคลื่อนสินค้าผ่านเครื่องอ่าน เครื่องอ่านก็จะทำงานโดยอัตโนมัติ
- RFID สามารถทำได้ทั้งอ่านและเขียน ในขณะที่รหัสแท่งสามารถอ่านรหัสประจำตัวได้ อย่างเดียวระบบ RFID นอกจากอ่านรหัสประจำตัวมาทำการประมวลผลแล้วยังสามารถ บันทึกข้อมูลอะไรบางอย่างกลับไปป้ายได้ ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบสต็อกสินค้า เมื่อทำการอ่านข้อมูลแล้วก็จะทำการบันทึกกลับไปป้ายว่าได้รับการตรวจแล้ว เพื่อลดข้อผิดพลาดกรณีหยิบสินค้านั้นมาอ่านรหัสประจำตัวซ้ำอีกครั้ง จะทำให้ระบบตรวจสอบสินค้าผิดพลาดได้ ซึ่งระบบรหัสแท่งไม่สามารถทำได้
- RFID สามารถอ่านได้จากระยะไกล ในขณะที่รหัสแท่งต้องอยู่ในระยะใกล้และตำแหน่งที่ แสงสามารถสแกนถึง RFID สามารถอ่านข้อมูลจากป้ายได้อย่างสะดวก แม้อยู่ในพื้นที่ที่ไม่สะดวกหรือในพื้นที่อันตรายต่อการปฏิบัติงาน เช่นห้องฟอสไฟ หรือพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง
- RFID สามารถอ่านข้อมูลได้พร้อมๆ กัน ในขณะที่ระบบรหัสแท่งจะต้องทำการสแกนแถบรหัสทีละแถบ ในขณะที่ RFID สามารถอ่านได้พร้อมกันหลายๆ ป้าย เพียงแค่คำสั่งของที่ติดป้ายมาวางไว้ในพื้นที่รัศมีของเครื่องอ่านก็สามารถอ่านได้พร้อมกันอย่างรวดเร็ว สามารถลดเวลาการทำงานและลดข้อผิดพลาดในการเคลื่อนย้ายสิ่งของ
- RFID สามารถอ่านได้ แม้ไม่เห็นตัวป้ายที่ติดอยู่ ทำให้สะดวกในการเคลื่อนย้ายสิ่งของ เช่น การตรวจสอบสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้ระบบ RFID สามารถทราบรายละเอียดสินค้าในตู้สินค้า โดยไม่ต้องเปิดตู้เพิ่มระบบความปลอดภัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RFID มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากข้อมูลเป็นข้อมูลดิจิทัลในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้สามารถเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูลด้วยการเข้ารหัสลับเพื่อไม่ให้ผู้อื่นไม่สามารถทราบข้อมูลที่ไม่ต้องการเปิดเผยได้
- RFID สามารถบันทึกประวัติการเคลื่อนย้ายของสินค้าได้ (Dynamic Data on Items) เช่นบันทึกการเข้าออก ivaบนสินค้าเอง หรือบันทึกเวลาต่างๆ ลงบนสินค้าได้โดยตรง ในขณะที่รหัสแท่งไม่สามารถทำได้ ต้องบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูล ซึ่งเมื่อสินค้าไปอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงฐานข้อมูล ทำให้ไม่สามารถรู้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้านั้นๆ ได้

ปัจจุบันมีการนำ RFID มาใช้งานในงานหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นในบัตรชนิดต่างๆ เช่น บัตรประจำตัวประชาชน บัตรเอทีเอ็ม บัตรสำหรับผ่านเข้าออกหอพัก บัตรโดยสารของสายการบิน บัตรจอดรถ หรือแม้แต่ใช้ฝังลงในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ เป็นต้น การนำ RFID มาใช้งานก็เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบการผ่านเข้าออกในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง หรือเพื่ออ่านหรือเก็บข้อมูลบางอย่างเอาไว้ ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เป็นฉลากสินค้า RFID ก็จะถูกนำมาใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เพื่อให้สามารถทราบถึงที่มาที่ไปของสินค้าชนิดนั้นๆ ได้ เป็นต้น สำหรับรูปแบบของเทคโนโลยี RFID ที่ใช้ในงานดังกล่าวก็มีทั้งแบบ Smart Card ที่สามารถถูกเขียนหรืออ่านข้อมูลออกมาได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับเครื่องอ่านบัตรหรือ Contact less Smart card, เหรียญ, ป้ายชื่อหรือฉลากซึ่งมีขนาดเล็กมากจนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษหรือฝังเอาไว้ในตัวสัตว์ได้เลยทีเดียว

2.3 มาตรฐานของ RFID

มาตรฐานระหว่างประเทศสำหรับการใช้งาน RFID มี 2 หน่วยงานหลัก คือ

- International Organization of Standard (ISO)
- EPC Global

โดยที่มาตรฐานของ RFID มีการกำหนดไว้ 4 ด้านคือ

- มาตรฐานด้านเทคโนโลยี (Technology)
- มาตรฐานรูปแบบของข้อมูล (Data Format)
- มาตรฐานวิธีการทดสอบ (Conformance)
- มาตรฐานการใช้งาน (Applications)

2.4 การนำ RFID ไปใช้งาน

ปัจจุบันการนำระบบ RFID มาประยุกต์ใช้งานหลากหลายประเภท เช่น

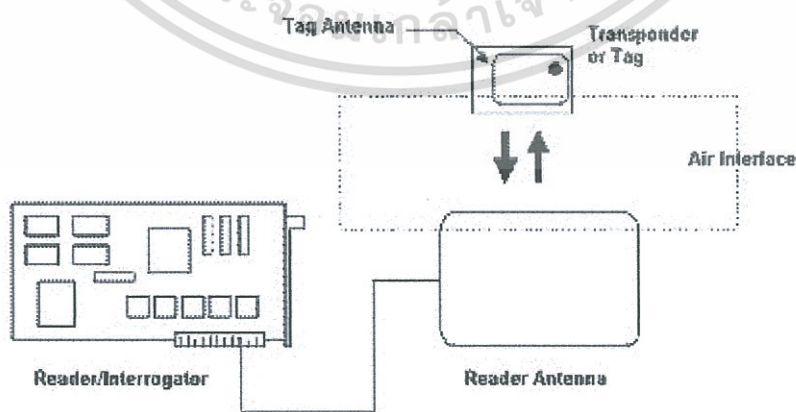
- ทดแทนระบบบาร์โค้ด (Barcode) รุ่นเก่า
- Access Control/Personal Identification หรือการเข้า-ออกอาคาร แทนการใช้บัตรแม่เหล็ก เมื่อใช้งานมากๆ ก็จะเสื่อมเร็ว แต่บัตรแบบ RFID ใช้เพียงการแตะหรือแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านหน้าเครื่องอ่านเท่านั้น รวมทั้งยังสามารถใช้กับการเช็คเวลาเข้า-ออกงานของพนักงานได้

- โรงงานในอนาคตสามารถติด Tag ไว้กับชิ้นงาน เมื่อชิ้นงานผ่านสายพานขนส่งสินค้าในโรงงานแต่ละแผนกจะรู้ว่าต้องทำอะไร ติดอะไรบ้าง และต้องส่งไปที่ไหนต่อ รวมถึงการจัดการสินค้าในคลังสินค้าว่ารับสินค้ามาเมื่อใด จะต้องเก็บไว้ที่ไหน จะส่งไปที่ไหนอย่างไร ใครจะเป็นผู้รับ ส่วนภาพที่ผู้บริโภคเห็นคือ การซื้อสินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ต เวลาซื้อจะคิดเงินผ่านเครื่องอ่าน RFID โดยสามารถคิดเงินได้ทันที
- ระบบ Animal Tracking เหมาะสำหรับเกษตรกรไทยในการพัฒนาด้านปศุสัตว์ให้เป็นระบบ Farm Automation ด้วย Chip RFID ติดตัวไว้ที่สัตว์เลี้ยง ทำให้สามารถทราบตรวจสอบสายพันธุ์ และตามหาเจ้าของได้ การให้อาหารและการควบคุมโรคติดต่อในสัตว์ รวมถึงการสร้าง Food Traceability สำหรับต่อสู้กับข้อกีดกันทางการค้าของสหรัฐอเมริกา และกลุ่มสหภาพยุโรป
- ระบบตั๋วอิเล็กทรอนิกส์ (E-ticket) เช่น บัตรทางด่วน บัตรรถไฟฟ้าใต้ดิน
- ระบบหนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-passport) ที่ทางประเทศสหรัฐอเมริกากำลังกำหนดมาตรฐานการเข้าออกของประเทศ เพื่อป้องกันผู้ก่อการร้าย รวมไปถึง E-citizen ด้วย
- ระบบกุญแจอิเล็กทรอนิกส์ (Immobilizer) ในรถยนต์ เพื่อป้องกันกุญแจผีในการขโมยรถยนต์ หรือพวก Keyless ในรถยนต์ราคาแพงบางรุ่นก็มีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้งานแล้ว
- ระบบห้องสมุดดิจิทัล (E-library) เป็นระบบยืม-คืนอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วแก่ผู้ที่มาใช้บริการ

2.5 องค์ประกอบของระบบ RFID

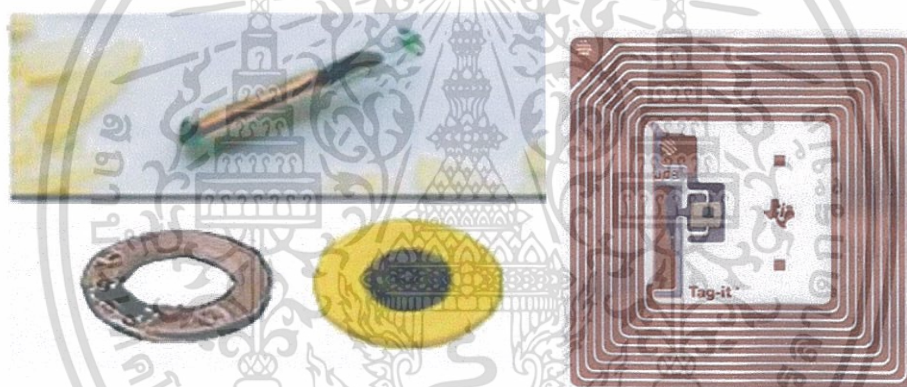


รูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของระบบ RFID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบในระบบ RFID จะมีหลักๆ อยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรกคือฉลากหรือป้ายขนาดเล็กที่จะถูกผนึกอยู่กับวัตถุที่เราสนใจ โดยฉลากนี้จะทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ เอาไว้ฉลากดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า ทรานสปอนเดอร์ (Transponder, Transmitter & Responder) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “แท็ก” (Tag) ส่วนที่สองก็คืออุปกรณ์สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลภายในแท็ก มีชื่อเรียกอย่างรวมๆว่า ทรานสซิฟเวอร์ (Transceiver, Transmitter & Receiver) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า “เครื่องอ่าน” (Reader) ทั้งสองส่วนจะสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุ สัญญาณนี้ผ่านได้ทั้งโลหะและอโลหะแต่ละไม่สามารถติดต่อกับเครื่องอ่านให้อ่านได้โดยตรง เมื่อเครื่องอ่านส่งข้อมูลผ่านความถี่วิทยุ แสดงถึงความต้องการข้อมูลที่ถูกระบุไว้จากป้าย ป้ายจะตอบข้อมูลกลับและเครื่องอ่านจะส่งข้อมูลต่อไปยังส่วนประมวลผลหลักของคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องอ่านจะติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายเครือข่าย LAN (Local Area Network) หรือส่งผ่านทางความถี่วิทยุจากทั้งอุปกรณ์มีสายและอุปกรณ์ไร้สาย

2.5.1 Tag หรือ Transponder



รูปที่ 2.4 Tag รูปแบบต่างๆ

แท็ก (Tag) นั้นเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ทรานสปอนเดอร์ (transponder) มาจากคำว่า ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) ผสมกับคำว่าเรสปอนเดอร์ (Responder) ถ้าจะแปลให้ตรงตามศัพท์แท็กก็จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแท็กตอบสนองไปที่ตัวอ่านข้อมูล การสื่อสารระหว่างแท็กและตัวอ่านข้อมูลจะเป็นการสื่อสารกันโดยอาศัยช่องความถี่วิทยุผ่านทางอากาศ โครงสร้างภายในแท็กจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนของไอซีซึ่งเป็นชิปสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Chip) และส่วนของขดลวดซึ่งทำหน้าที่เป็นเสาอากาศสำหรับรับส่งข้อมูลโดยทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมต่ออยู่ด้วยกัน

ไอซีของแท็กที่มีการผลิตออกมาจะมีขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นหรือไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็นไอซีของแท็กนั้นก็จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของการควบคุมภาครับส่งสัญญาณวิทยุ สำหรับโครงสร้างของส่วนนี้ ประกอบด้วยภาคตีมอดูเลตและภาคมอดูเลต (สำหรับรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กกับตัวเครื่องอ่าน) และวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก
- ส่วนของการควบคุมภาคดิจิทัล ซึ่งรับหน้าที่จัดการเกี่ยวกับกระบวนการทางดิจิทัลทั้งหมดโครงสร้างหลักๆ ของส่วนการทำงานนี้ประกอบด้วย ส่วนบันทึกข้อมูล ประกอบด้วยหน่วยความจำแรม (RAM), รอม (ROM), อีอีพรอม (EEPROM) ส่วนของการเข้ารหัส (Crypts Unit) ส่วนตอบรับสัญญาณร้องขอ (Answer to Request) ส่วนควบคุมและประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Control & Arithmetic Unit)

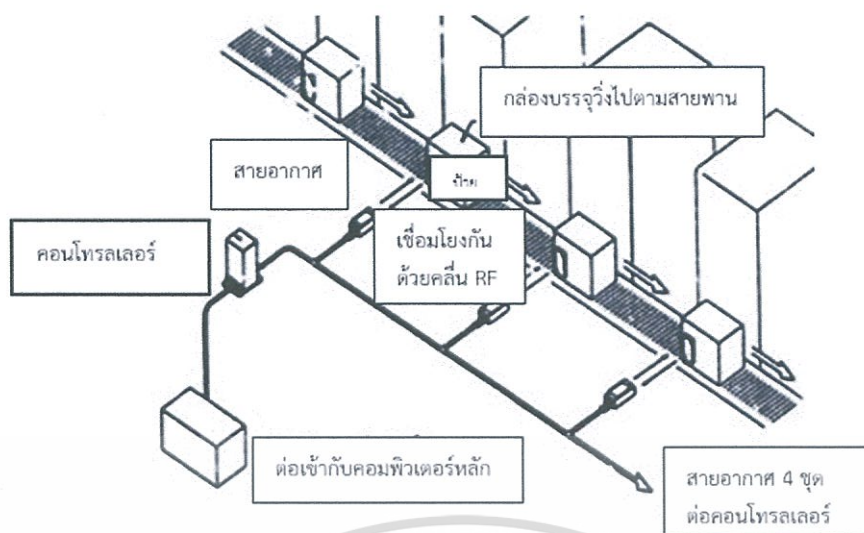
อย่างไรก็ตามโครงสร้างภายในของแท็กที่ต่างผู้ผลิตหรือต่างรุ่นกัน บางครั้งก็อาจมีไม่ครบถ้วนทุกส่วนอย่างที่ได้อีกมา ซึ่งรายละเอียดโครงสร้างตลอดจนรายละเอียดในการทำงานของแท็กเบอร์ใดๆ ก็สามารถดูได้จาก Datasheet ของบริษัทผู้ผลิตแท็กเบอร์นั้นๆ



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งของแท็กที่เหมาะสมสำหรับยานของสายอากาศที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Transponder หรือ Tag มีลักษณะเป็นไมโครชิพ (microchip) ที่ยอมให้ผู้ใช้ติดเข้าระหว่างชั้นของกระดาษหรือพลาสติกที่ใช้ทำป้ายฉลาก ชิพหรือแท็กอาจมีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับกรนำไปใช้งานโดยอาจมีรูปร่างเหมือนบัตรเครดิตใกรการใช้งานทั่วไป หรือเล็กขนาดใส่ดินสอยาวเพียง 10 มิลลิเมตร เพื่อฝังเข้าไปใต้ผิวหนังสัตว์ในกรณีนำไปใช้งานปศุสัตว์ หรืออาจมีขนาดใหญ่มากสำหรับแท็กที่ใช้ติดกับเครื่องจักรขณะทำการขนส่ง แท็กอาจนำไปติดไว้กับสินค้าในร้านปลีกทั่วไปเพื่อป้องกันขโมย โดยจะมีการติดตั้งสายอากาศของตัวอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ไว้ตรงประตูทางออกเพื่อทำการตรวจจับขโมย โดยแท็กจะรับพลังงานจากสัญญาณ RF เพื่อติดต่อสื่อสารกับเครื่องอ่าน หรือใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่บรรจุภายในป้าย ซึ่งแบตเตอรี่ Lithium-ion มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จึงมักนำมาใช้กับแผ่นป้ายนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ระบบการอ่าน / เขียนข้อมูลอย่างง่ายของRFID

แท็กจะประกอบไปด้วยสายอากาศที่มีขนาดเล็กที่จะช่วยให้แท็กตอบสนองกับเครื่องอ่านโดยสายอากาศจะแผ่สัญญาณวิทยุจำนวนหนึ่งออกมา เพื่อกระตุ้นให้แท็กอ่านหรือเขียนข้อมูลลงไปสายอากาศสามารถทำได้ทุกขนาดและรูปร่าง เพื่อที่จะสามารถออกไปให้ติดตั้งได้ทุกที่ และเพื่อให้เกิดความครอบคลุมที่อยู่ในหลายๆ ระบบสายอากาศจะถูกติดไปโดยตรงกับ Transceiver เหมือนกับเป็นอุปกรณ์ติดกัน

ชิปที่อยู่ในแท็กจะมีหน่วยความจำซึ่งอาจเป็นแบบอ่านได้อย่างเดียว (ROM) หรือทั้งอ่านทั้งเขียน (RAM) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน โดยปกติหน่วยความจำแบบ ROM จะใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาความปลอดภัยเช่นข้อมูลของบุคคลที่มีสิทธิผ่านเข้าออกในบริเวณที่มีการควบคุมหรือระบบปฏิบัติการ ในขณะที่ RAM จะใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่แท็กและตัวอ่านข้อมูลทำการติดต่อสื่อสารกัน

นอกจากนี้อาจมีหน่วยการนำหน่วยความจำแบบ EEPROM มาใช้ในกรณีต้องการเก็บข้อมูลในระหว่างที่แท็กและตัวอ่านข้อมูลทำการสื่อสาร และข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้จะไม่มีพลังงานไฟฟ้าป้อนให้แก่แท็ก

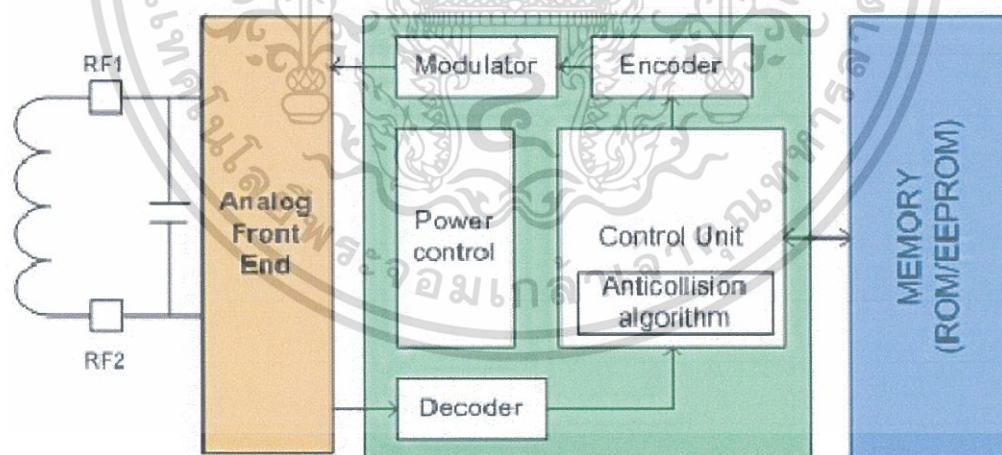
แท็กที่มีการใช้งานกันอยู่นั้นจะมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ โดยแต่ละชนิดก็จะมี ความแตกต่างกันในแง่ของการใช้งาน ราคา โครงสร้างและหลักการทำงานอยู่ ซึ่งจะสามารถแยกออกเป็นหัวข้อดังนี้

- **แท็กชนิดแอคทีฟ (Active Tag)** แท็กชนิดนี้จะมีแบตเตอรี่อยู่ภายในซึ่งใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาดเล็ก เพื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้แท็กงานโดยปกติ โดยแท็กชนิดนี้มีฟังก์ชันการทำงานทั่วไปทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงในแท็กได้ และการที่ต้องใช้แบตเตอรี่จึงทำให้แท็กชนิดแอคทีฟมีอายุการใช้งานจำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดก็ต้องนำแท็กไปทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เนื่องจากจะมีการซีล (seal) ที่ตัวแท็กจึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าสามารถ ออกแบบวงจรของแท็กให้กินกระแสไฟน้อยๆ ก็อาจจะมีอายุการใช้งานนานนับสิบปี

แท็กชนิดแอคทีฟนี้จะมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ มีกำลังส่งสูงและ ระยะเวลารับส่งข้อมูลไกลสูงสุดถึง 6 เมตร ซึ่งไกลกว่าแท็กชนิดพาสซีฟ นอกจากนี้ยังทำงานในบริเวณที่มีสัญญาณรบกวนได้ดี แม้แท็กชนิดนี้จะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียอยู่ด้วยเหมือนกัน เช่น ราคาต่อ หน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด

● **แท็กชนิดพาสซีฟ (Passive Tag)** จะไม่มีแบตเตอรี่อยู่ภายในหรือไม่จำเป็นต้องรับ แหล่งจ่ายไฟใดๆ เพราะจะทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากตัวอ่านข้อมูล (มีวงจรกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กอยู่ในตัว) หรือที่เรียกว่าอุปกรณ์ Transceiver จึงทำให้แท็กชนิดพาสซีฟมีน้ำหนักเบาและเล็กกว่าแท็กชนิดแอคทีฟ ราคาถูกกว่า และมีอายุการใช้งานไม่ จำกัด แต่ข้อเสียก็คือระยะเวลารับส่งข้อมูลไกลซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุดเพียง 1.5 เมตร ซึ่งเป็น ระยะเวลาอ่านที่สั้น มีหน่วยความจำขนาดเล็กซึ่งโดยทั่วๆ ไปประมาณ 32 ถึง 128 บิต และตัวเครื่อง อ่านข้อมูลจะต้องมีความไวและกำลังที่สูงนอกจากนี้แท็กชนิดพาสซีฟมักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานใน สิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงอีกด้วย แต่ข้อได้เปรียบในเรื่องราคาต่อหน่วยที่ต่ำ กว่าแท็กชนิดแอคทีฟและอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ทำให้แท็กชนิดพาสซีฟนี้เป็นที่นิยมมากกว่า ไอซีของแท็กชนิดแอคทีฟพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดปลั้รูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แท่งหรือแผ่น ขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ ไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตาซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับ ชนิดงานที่แตกต่างกัน



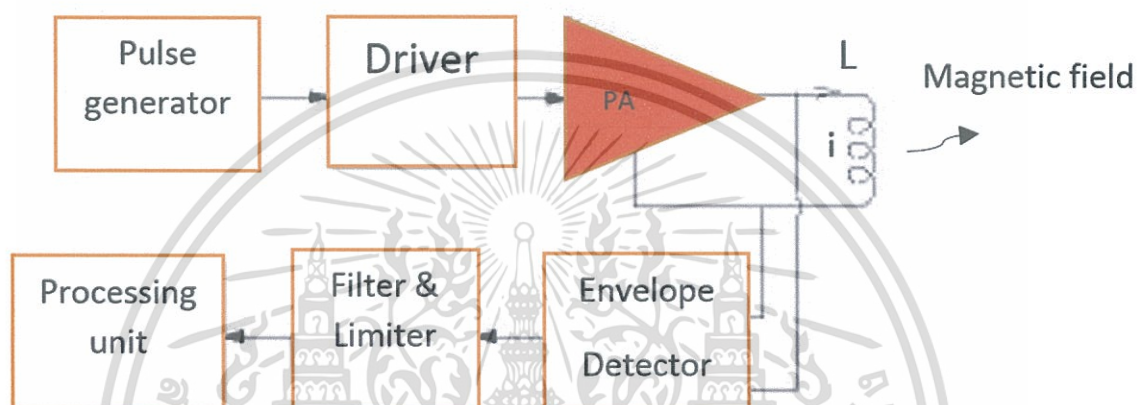
รูปที่ 2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากการแบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้วแท็กก็ยังคงถูกแบ่งประเภทจากรูปแบบในการใช้งานได้เป็น 3 แบบคือ

1. แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-write)
2. แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-One, Read-Many)
3. แบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only)

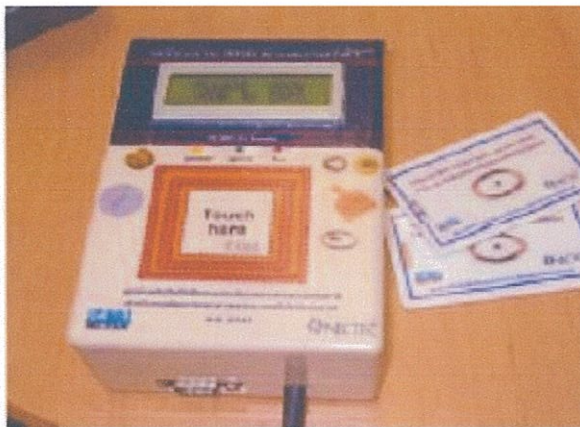
2.5.2 ReaderหรือInterrogator



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างภายในเครื่องอ่าน

หน้าที่สำคัญของตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ก็คือการรับข้อมูลที่ส่งมาจากแท็ก แล้วทำการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล ถอดรหัสสัญญาณข้อมูลที่ได้รับซึ่งกระทำโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ อัลกอริทึมที่อยู่ในเฟิร์มแวร์ (Firmware) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณ ถอดรหัสสัญญาณที่ได้ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลผ่านเข้าสู่กระบวนการต่อไป นอกจากนี้ตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีความสามารถในการอ่านข้อมูลซ้ำ เช่นในกรณีที่แท็กถูกวางทิ้งอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวอ่านข้อมูลสร้างขึ้น หรืออยู่ในระยะการรับส่งก็อาจทำให้ตัวอ่านข้อมูลทำการรับหรืออ่านข้อมูลจากแท็กซ้ำอยู่เรื่อยๆไม่สิ้นสุด

ดังนั้นตัวอ่านข้อมูลที่ดีต้องมีระบบป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้ที่เรียกว่าระบบ “Hands Down Polling” โดยตัวอ่านข้อมูลจะสั่งให้แท็กหยุดการส่งข้อมูลในกรณีเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว หรืออาจมีบางกรณีที่มีแท็กหลายแท็กอยู่ในบริเวณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมกันหรือที่เรียกว่า “Batch Reading” ตัวอ่านข้อมูลควรมีความสามารถที่จะจัดลำดับการอ่านแท็กทีละตัวได้



รูปที่ 2.9 ลักษณะเครื่องอ่าน RFID ที่แตกต่างกันตามการใช้งาน



รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการใช้งานแท็กและตัวอ่านข้อมูล (Reader)

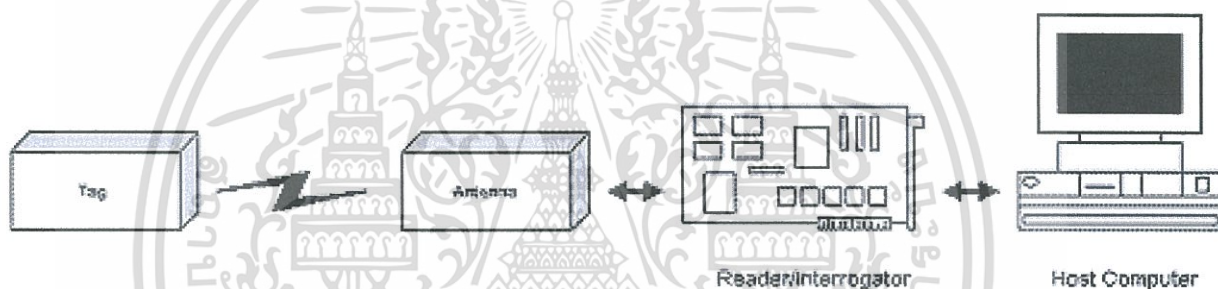
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทำงานของRFID

2.6.1 ลักษณะการทำงานของระบบRFID

หัวใจของเทคโนโลยี RFID ได้แก่ “Inlay” ที่บรรจุอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับโลหะที่ยืดหยุ่นได้สำหรับการติดตามหรือทำหน้าที่เป็นเสาอากาศนั่นเอง Inlay มีความหนาสูงอยู่ถึง 0.375 มิลลิเมตร สามารถทำเป็นแผ่นบางอัดเป็นชั้นๆ ระหว่างกระดาษ, แผ่นฟิล์ม หรือพลาสติกก็ได้ ซึ่งเป็นการผลิตเครื่องหมายหรือฉลาก จากวัสดุที่มีราคาไม่แพงมากนัก ซึ่งจะเห็นว่า Inlay มีลักษณะรูปร่างที่บางมากจึงทำให้ง่ายต่อการติดเป็นป้ายชื่อหรือฉลากของชิ้นงานหรือวัตถุนั้นๆ ได้สะดวก

RFID เป็นระบบที่นำเอาคลื่นวิทยุมาเป็นคลื่นพาหะเพื่อใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สองชนิดที่เรียกว่า แท็ก (Tag) และตัวอ่านข้อมูล (Reader หรือ Interrogator) ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless) โดยการนำข้อมูลที่ต้องการส่ง มาทำการมอดูเลต (Modulation) กับคลื่นวิทยุแล้วส่งออกผ่านทางสายอากาศที่อยู่ในตัวรับข้อมูล ดังแผนผังการทำงานของระบบ RFID ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงแผนผังการทำงานของระบบ RFID

การประยุกต์ใช้งาน RFID จะมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับบาร์โค้ด (Bar code) และยังสามารถรองรับความต้องการอีกหลายอย่างที่บาร์โค้ดไม่สามารถตอบสนองได้ เนื่องจากบาร์โค้ดจะเป็นระบบที่อ่านได้อย่างเดียว (Read only) ไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่อยู่บาร์โค้ดได้ แต่แท็กของระบบ RFID จะสามารถทั้งอ่านและบันทึกข้อมูลได้ ดังนั้นเราจึงสามารถเปลี่ยนแปลง หรือทำการบันทึกข้อมูลที่อยู่ในแท็กได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ระบบ RFID ยังสามารถใช้งานได้แม้ในขณะที่วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น ในขณะสินค้ากำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานการผลิต (Conveyor) หรือในบางประเทศก็มีการใช้ระบบ RFID ในการเก็บค่าผ่านทางด่วนโดยที่ผู้ใช้บริการทางด่วนไม่ต้องหยุดรถเพื่อจ่ายค่าบริการ ผู้ใช้บริการทางด่วนจะมีแท็กติดอยู่กับรถ และแท็กจะทำการสื่อสารกับตัวอ่านข้อมูล ผ่านสายอากาศขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ตรงบริเวณทางขึ้นทางด่วน ในขณะที่แล่นผ่านสายอากาศ ตัวอ่านข้อมูลก็จะคิดค่าบริการและบันทึกจำนวนเงินที่เหลือลงในแท็กโดยอัตโนมัติ หรือแม้กระทั่งการใช้งานในปศุสัตว์เพื่อบันทึกประวัติ หรือระบุความแตกต่างของสัตว์แต่ละตัวที่อยู่ในฟาร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของระบบ RFID อีกอย่างก็คือ แท็กและตัวอ่านข้อมูลสามารถสื่อสารผ่านตัวกลางได้หลายอย่างเช่น น้ำ, พลาสติก, กระจก หรือวัสดุทึบแสงอื่นๆ ในขณะที่บาร์โค้ดทำไม่ได้

2.6.2 หลักการและเทคนิคที่ใช้รับและส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

โดยมากเทคนิคในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็กส์ จะใช้หลักการมอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation: AM) หรือใช้การมอดูเลตทางแอมพลิจูดบวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มีแท็กที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่นๆด้วย เช่น การมอดูเลตขั้นแบบเฟสชิฟต์คีย์อิง (Phase Shift Keying : PSK), เฟรควเอนซีชิฟต์คีย์อิง (Frequency Shift Keying: FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

ในการรับส่งข้อมูลสัญญาณวิทยุระหว่างแท็กกับเครื่องอ่านจะทำได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อสายอากาศมีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้งานเช่นเมื่อความถี่ที่ใช้งานเป็น 13.56 MHz ความยาวของเสาอากาศ จะเป็นเส้นตรง ที่เหมาะสมก็คือ 22.12 เมตร แน่นอนว่าในทางปฏิบัติเราคงไม่สามารถนำอากาศที่ใหญ่ขนาดนั้นมาใช้กับแท็กขนาดเล็กของเราได้ สายอากาศที่ดูเหมาะสมจะใช้ร่วมกับแท็กมากที่สุด ก็คือสายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็ก หรือที่มีชื่ออย่างเป็นทางการว่าสายอากาศแบบ แมกเนติกไดโพล (magnetic dipole antenna) รูปแบบของสายอากาศแบบนี้ก็จะมียู่หลากหลายทั้งแบบเป็นขดลวดพันบนแกนอากาศหรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่วงลูปที่สร้างขึ้นจากลายทองแดง บนแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งที่เป็นลูปแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ความเหมาะสมในการใช้งานก็แตกต่างกันไปตามความถี่พาหะและประเภทของงานด้วยเช่นกัน นอกจากการรับส่งข้อมูลแล้วสายอากาศก็ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับแท็กด้วยโดยอาศัยหลักการทำงานตามแนวคิดของ ไมเคิล ฟาราเดย์ เรื่องแรกตันเหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก (จากเครื่องอ่าน) ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time varying magnetic field) พุ่งผ่านสายอากาศของแท็ก เมื่อแท็กและเครื่องอ่านต้องอยู่ห่างกันในระยะ 0.16 เท่าของความยาวคลื่นพาหะที่ใช้เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า transformers-type coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ในหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) จะเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับอธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูลของแท็ก

2.7 องค์ประกอบขั้นพื้นฐานของการสื่อสาร

- ผู้ส่ง (source) อาจจะเป็นสัญญาณต่าง ๆ หรือ ข้อมูล
- ผู้รับ (sink) การติดต่อสื่อสารบรรลุวัตถุประสงค์ ผู้รับหรือจุดหมายปลายทางจะได้รับสารนั้น
- ช่องสัญญาณ (channel) ในที่นี้อาจจะหมายถึงสื่อกลางหรือตัวกลางที่ข่าวสารเดินทางผ่าน อาจจะเป็นอากาศ สายนำสัญญาณต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งของเหลว เช่น น้ำ น้ำมัน เป็นต้นเปรียบเทียบเป็นสะพาน ที่จะให้ข่าวสารข้ามจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง
- การเข้ารหัส (encoding) เป็นการช่วยให้ผู้ส่งข่าวสารและผู้รับข่าวสารมีความเข้าใจตรงกัน ในการสื่อความหมาย จึงมีความจำเป็นต้องแปลงความหมายนี้ การเข้ารหัสจึงหมายถึงการแปลงข่าวสารให้อยู่ในรูปพลังงาน ที่พร้อมจะส่งไปในสื่อกลาง ทางผู้ส่งมีความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ หรือมีรหัสเดียวกัน การสื่อสารจึงเกิดขึ้นได้
- การถอดรหัส (decoding) หมายถึงการที่ผู้รับข่าวสารแปลงพลังงานจากสื่อกลาง ให้กลับไปอยู่ในรูปข่าวสาร ที่ส่งมาจากผู้ส่งข่าวสารโดยมีความเข้าใจหรือรหัสตรงกัน
- สัญญาณรบกวน (noise) เป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติมักจะลดทอนหรือรบกวนระบบ อาจเกิดขึ้นได้ทั้งทางด้านผู้ส่ง ผู้รับข่าวสาร และช่องสัญญาณ

2.8 อนาล็อกและดิจิตอล (Analog and Digital)

2.8.1 ข้อมูลอนาล็อกและสัญญาณอนาล็อก (Analog Data and Analog Signals)

ข้อมูลอนาล็อกและสัญญาณอนาล็อกจะเป็นรูปคลื่นที่มีลักษณะต่อเนื่อง ความเป็นต่อเนื่องในที่นี้หมายถึงสัญญาณจะแกว่งขึ้นลงอย่างต่อเนื่องและราบเรียบตลอดเวลา ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด ค่าสัญญาณสามารถอยู่ในช่วงระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของคลื่นได้ ตัวอย่างข้อมูลอนาล็อกเช่น เสียงพูดของมนุษย์ เสียงดนตรี หรือเสียงอื่น ๆ ที่ได้ยินตามธรรมชาติ ส่วนสัญญาณอนาล็อกที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป เช่น การสนทนาเพื่อสื่อสารกันผ่านระบบโทรศัพท์ เป็นต้น นอกจากนี้ ข้อมูลอนาล็อกและสัญญาณอนาล็อกสามารถถูกรบกวนได้ง่ายจากสัญญาณที่ไม่พึงประสงค์ที่เรียกว่า “สัญญาณรบกวน (Noise)” ซึ่งหากมีสัญญาณรบกวนปะปนมากับสัญญาณอนาล็อกแล้ว นอกจากจะส่งผลให้การส่งข้อมูลช้าลง ยังทำให้การจำแนกหรือตัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลต้นฉบับนั้นเป็นไปได้ยาก โดยเมื่อสัญญาณอนาล็อกถูกส่งบนระยะทางที่ไกลออกไป ระดับสัญญาณจะถูกลดทอนลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เพิ่มกำลังหรือความเข้มให้แก่สัญญาณ ทำให้สามารถส่งสัญญาณในระยะทางที่ไกลออกไปได้อีก แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มกำลังของสัญญาณด้วย แอมพลิไฟเออร์นี้จะส่งผลต่อสัญญาณรบกวนขยายเพิ่มขึ้นด้วย

2.8.2 ข้อมูลดิจิทัลและสัญญาณดิจิทัล (Digital Data and Digital Signals)

ข้อมูลดิจิทัลและสัญญาณดิจิทัลเป็นคลื่นแบบไม่ต่อเนื่อง มีรูปแบบของระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ความไม่ต่อเนื่องในที่นี้หมายความว่าสัญญาณสามารถเปลี่ยนแปลงจาก 0 ไป 1 หรือจาก 1 ไป 0 ได้ทุกเมื่อ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงสัญญาณในลักษณะก้าวกระโดด

ข้อดีของสัญญาณดิจิทัล ก็คือ สามารถสร้างสัญญาณขึ้นได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า สัญญาณอนาล็อกและมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า อีกทั้งยังสามารถจำแนกระหว่างข้อมูลกับสัญญาณรบกวนได้ง่ายกว่าแบบอนาล็อก กรณีที่มีสัญญาณรบกวนปะปนมาไม่มาก ก็ยังคงรูปสัญญาณเดิมได้

ข้อเสียของสัญญาณดิจิทัลก็คือ สัญญาณอนาล็อกจะทำได้ดีกว่า สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ระยะทางในการส่งข้อมูลดิจิทัลจะเรียกว่า เครื่องทวนสัญญาณ (Repeater) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ Regenerate สัญญาณที่ถูกลดทอนลงให้คงรูปเดิมเหมือนต้นฉบับ ทำให้สามารถส่งทอดสัญญาณออกไปบนระยะทางที่ไกลขึ้นได้



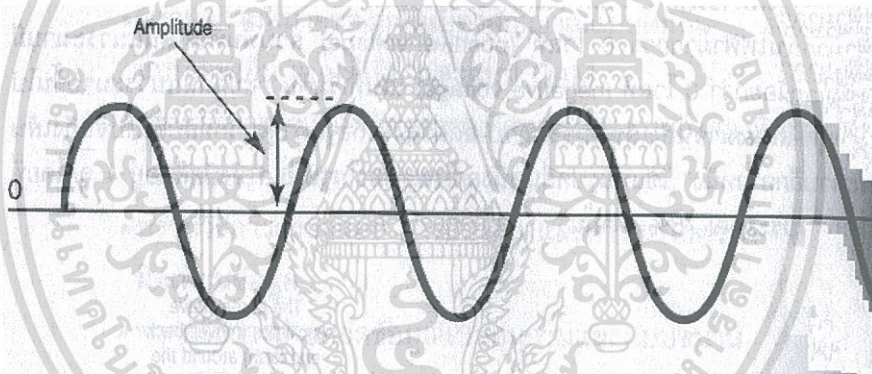
2.9 การแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณ (Converting Data into Signals)

2.9.1 การแปลงข้อมูลอนาล็อกเป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog Data to Analog Signal)

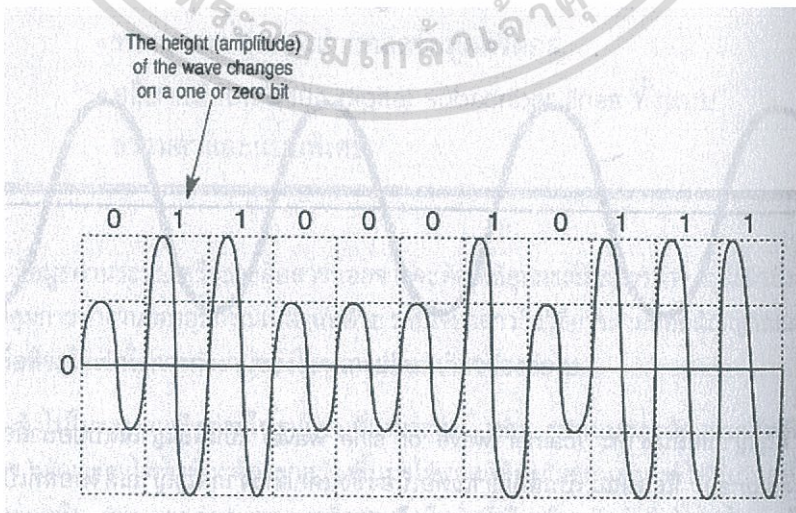
จะประกอบด้วยคลื่นพาห์ (Carrier) เป็นคลื่นความถี่สูง และส่งได้ระยะทางไกล เมื่อจะทำการส่งก็นำ คลื่นพาห์(Carrier) ผสมกับคลื่นสัญญาณเสียงต้นฉบับเรียกว่า การมอดูเลต(Modulate) มี 3 เทคนิค คือ

2.9.1.1 การมอดูเลตทางขนาด (Amplitude Modulation : AM)

สัญญาณคลื่นปกติจะมีความสูงของคลื่นเรียกว่า Height หรือ Amplitude คงที่ ความสูงทั้งด้านบนและด้านล่างของเส้นแนวระนาบจะต้องมีค่าเท่ากันพอดี ดังรูป 2.12 การแปลงสัญญาณทางขนาดหรือเรียกว่าแบบเอเอ็มนี้ใช้วิธีการเปลี่ยนขนาดความสูงของคลื่นให้แตกต่างกันไปจากเดิมเพื่อใช้แทนความหมายข้อมูลบิต 0 หรือ 1 ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.13 เป็นการแสดงการส่งข้อมูล “01100010111” โดยใช้ความสูงของคลื่นที่ใช้แทนข้อมูลบิต 1 นั้นสูงกว่าคลื่นที่ใช้แทนบิต 0 ถ้าใช้สัญญาณนี้เป็นสัญญาณเสียง คลื่นที่มีความสูงมากกว่าคือคลื่นที่ใช้แทนบิต 1 จะมีเสียงดังมากกว่าคลื่นที่ใช้แทนบิต 0



รูปที่ 2.12 แสดงความสูงของคลื่นสัญญาณพาหะ



รูปที่ 2.13 การแปลงสัญญาณทางขนาด (Amplitude Modulation : AM)

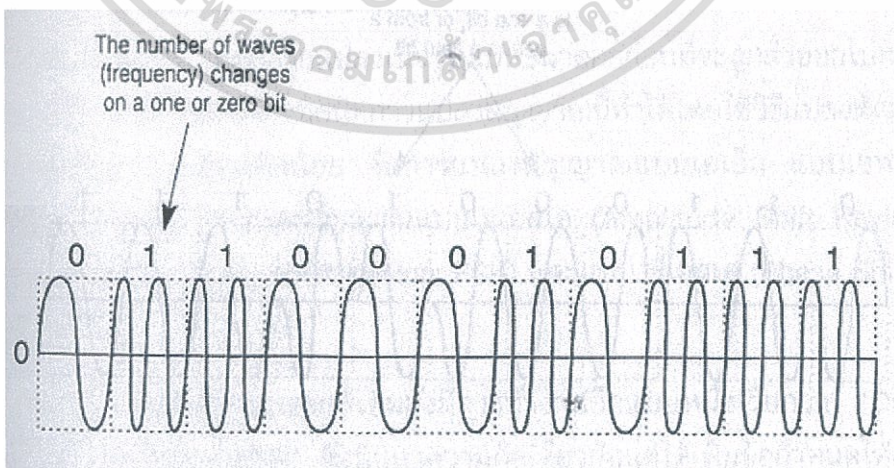
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลข้างต้นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงคลื่นวิธีนี้เป็นวิธีการเดียวกันกับที่ใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุเอเอ็ม จึงมีข้อดีข้อเสียในลักษณะเดียวกันคือ เป็นสัญญาณที่ถูกรบกวนได้ง่าย เช่น พายุฝนทั่วไปสามารถทำให้สัญญาณเอเอ็มเสียหายได้คือผู้รับฟังวิทยุจะรับฟังเสียงวิทยุได้ไม่ชัดเจนในช่วงนั้น โดยเฉพาะในขณะที่เกิดฟ้าผ่า สัญญาณเสียงในบริเวณใกล้เคียงจะขาดหายไปเลย ปัญหาดังกล่าวนี้จะสร้างความเสียหายมากขึ้นในการสื่อสารข้อมูลเนื่องจากสัญญาณรบกวนอาจทำให้สัญญาณที่ส่งออกมาเสียหาย คือไม่ทราบว่าเป็นบิต 0 หรือ 1 จึงจำเป็นต้องมีวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับมาด้วย

2.9.1.2 การมอดูเลททางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

เทคนิคการมอดูเลททางความถี่หรือเรียกว่าเอ็ฟเอ็มนั้น เป็นการเปลี่ยนค่าความถี่คลื่นซึ่งก็คือจำนวนลูกคลื่น (wave) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (cycle) เพื่อใช้แทนข้อมูล ดังรูปที่ 2.14 เวลาที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณแต่ละบิตเป็นหนึ่งหน่วย การส่งข้อมูลบิต 0 จะมีลูกคลื่นจำนวน 1 ลูกในหนึ่งหน่วยเวลา ส่วนการส่งบิต 1 จะมีลูกคลื่นจำนวน 2 ลูกในหนึ่งหน่วยเวลา การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้เมื่อเทียบกับสัญญาณเสียงแล้ว ความถี่หรือจำนวนลูกคลื่นต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่มากขึ้นจะหมายถึงระดับเสียงที่สูงขึ้น ดังนั้น สัญญาณที่ใช้แทนบิต 1 จะมีระดับเสียงสูงกว่าสัญญาณที่ใช้แทนบิต 0 การแปลงสัญญาณแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุเอเอ็ม สัญญาณเสียงสนทนาที่เกิดขึ้นในระบบเซลลูลาร์แบบ AMPS

การส่งสัญญาณระบบเอ็ฟเอ็มมีความทนทานต่อการรบกวนจากภายนอกได้ดีกว่าระบบเอเอ็ม เช่น ในระหว่างที่เกิดพายุฝน สัญญาณแบบเอ็ฟเอ็มจะถูกรบกวนน้อยมากหรือไม่ถูกรบกวนเลย ดังนั้น เมื่อนำมาใช้ส่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ก็ทำให้โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดลดลงไปด้วย วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องมีความซับซ้อนมากนักเมื่อเทียบกับการใช้สัญญาณเอเอ็ม

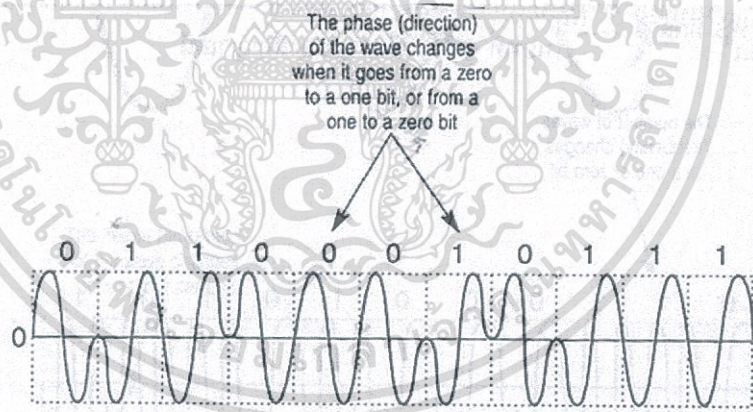


รูปที่ 2.14 แสดงการแปลงสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.3 การมอดูเลททางเฟส (Phase Modulation : PM)

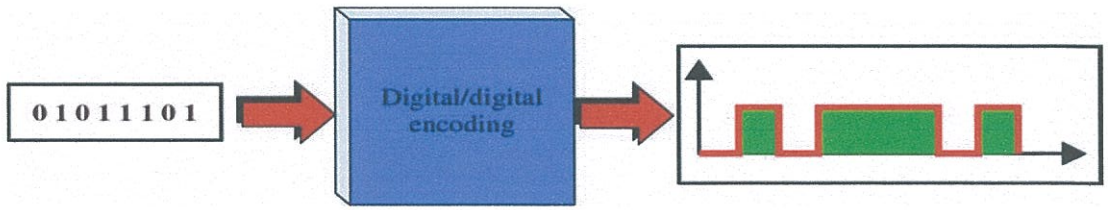
การแปลงสัญญาณทางเฟสหรือแบบพีเอ็ม เป็นวิธีการที่ซับซ้อนมากที่สุด วิธีการนี้ อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเฟส (phase shift) เป็นตัวบอกการสลับความหมายของข้อมูล นั่นคือ สมมติว่ากำลังส่งบิต 0 อยู่ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสก็จะหมายถึงบิตต่อไปเป็นบิต 1 (หรือกลับกัน) ลักษณะของสัญญาณสำหรับทั้งบิต 0 หรือบิต 1 จึงไม่มีรูปแบบที่คงที่ เหมือนกับสองวิธีแรก คำว่าการเปลี่ยนแปลงเฟส หมายความว่า สัญญาณของลูกคลื่นปกติจะ เริ่มจากเส้นแนวระนาบขึ้นไป คือจะเริ่มจาก 0 องศาไปเป็นค่าบวก 90 องศาย้อนกลับไปที่ 180 องศา และเปลี่ยนไปเป็นค่าลบ 270 องศาและวนกลับมาที่ 0 องศาอย่างเดิม ถ้าบิตต่อไปเป็นบิตเดิม เช่น บิต 0 ตามด้วยบิต 0 หรือบิต 1 ตามด้วยบิต 1 คลื่นลูกต่อไปก็จะเกิดขึ้นต่อเนื่องจากคลื่นลูกแรกตามปกติ แต่ถ้าบิตต่อไปไม่ใช่บิตเดิม คือบิต 0 ตามด้วยบิต 1 หรือบิต 1 ตามด้วยบิต 0 คลื่นลูกต่อไปแทนที่จะขึ้นไปเป็นค่าบวก ก็จะกลับลดลงเป็นค่าลบ ก่อน จากนั้นกลับไปค่า 0 เพิ่มเป็นค่าบวก และกลับมาที่ 0 เป็นการครบวงจร ดังแสดงใน รูปที่ 2.15 ในกรณีนี้ทั้งบิต 0 และบิต 1 จึงอาจเป็นลูกคลื่นที่เริ่มจาก 0 แล้วเพิ่มไปเป็นค่า บวกก่อน หรือลดลงมาเป็นค่าลบก่อนก็ได้ ความสูงและความถี่ของคลื่นนั้นจะคงที่เสมอ การ เปลี่ยนแปลงเฟสทำให้สามารถส่งข้อมูลแบบไดบิต (dibit or 2 bits) ได้ จึงส่งข้อมูลได้เป็น สองเท่า เช่น สายขนาด 2,400 บอด จะสามารถส่งข้อมูลได้ 4,800 บิตต่อวินาที



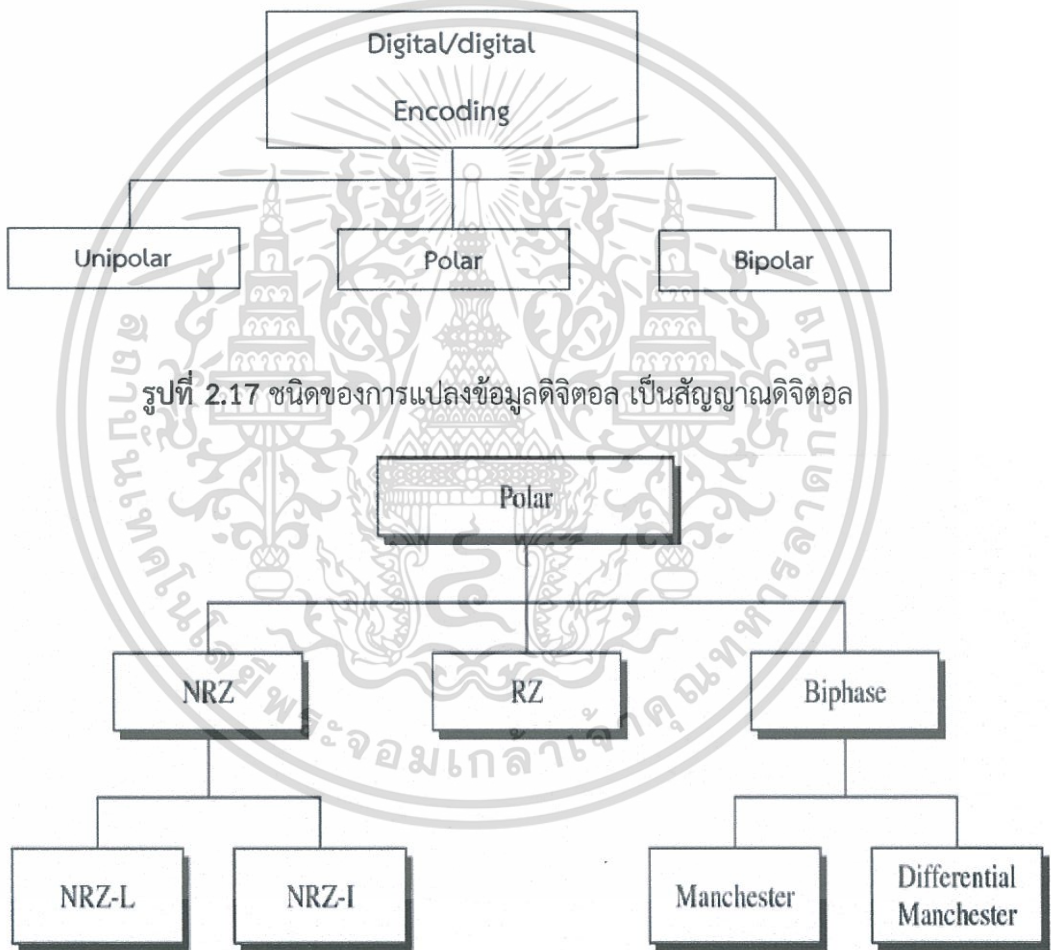
รูปที่ 2.15 การแปลงสัญญาณทางเฟส

2.9.2 การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital Data to Digital Signal)

มีเทคนิควิธีเข้ารหัสสัญญาณดิจิทัลหลายวิธีด้วยกัน โดยใช้ระดับแรงดันที่แตกต่างกันสองระดับ



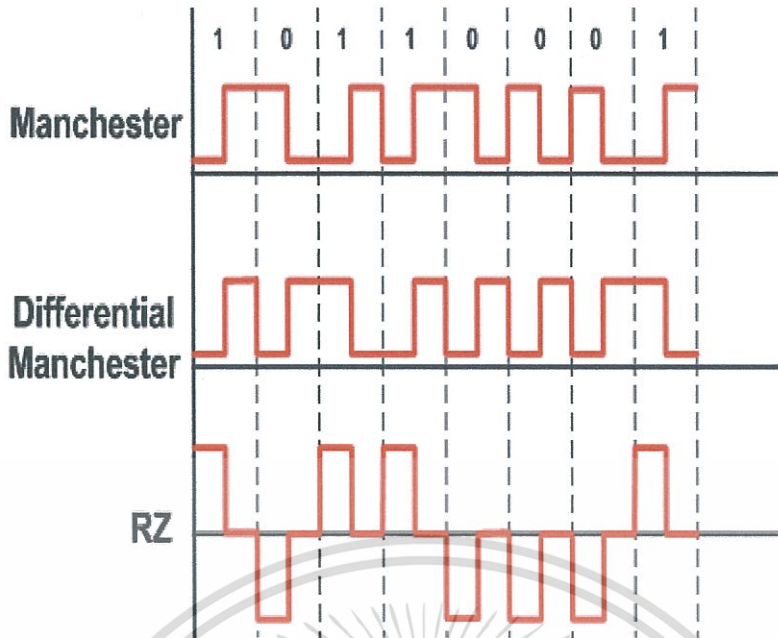
รูปที่ 2.16 การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ 2.17 ชนิดของการแปลงข้อมูลดิจิทัล เป็นสัญญาณดิจิทัล

รูปที่ 2.18 ชนิดของ Polar Encoding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



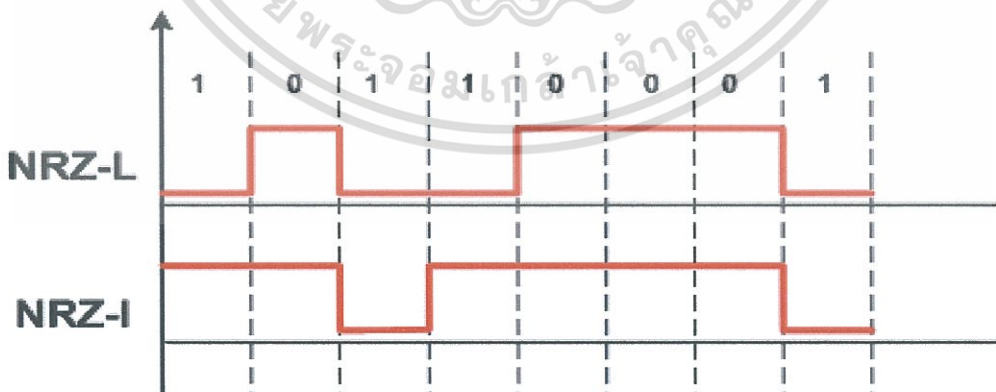
รูปที่ 2.19 รูปแบบสัญญาณดิจิทัล

2.9.2.1 Polar Encoding

2.9.2.1.1 Non Return to Zero (NRZ)

- NRZ-L (Non return to zero : Level) ถ้าบิตข้อมูลมีค่าเป็น 1 จะแทนระดับแรงต่ำ ถ้าบิตมีค่าเป็น 0 จะแทนระดับแรงดันสูง
- NRZ-I (Non return to zero : Inverted) ค่าระดับของสัญญาณจะเปลี่ยนตรงกันข้ามเมื่อบิตข้อมูลถัดไปมีค่าเป็น 1

Voltage/Amplitude

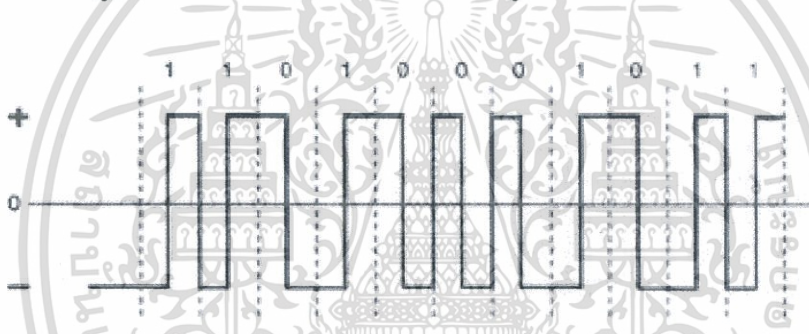


รูปที่ 2.20 Non Return to Zero

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2.1.2 การเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์

เป็นการเข้ารหัสข้อมูลดิจิทัลวิธีหนึ่ง ก่อนที่ข้อมูลซึ่งผ่านการเข้ารหัสแล้วถูกส่งไปมอดูเลต เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการซิงโครไนซ์ของข้อมูล เนื่องจากการส่งกระจายสัญญาณตามปกตินั้นหากมีการส่งสัญญาณดิจิทัลในระดับเดียวกันเป็นช่วงยาว เช่น การส่งสัญญาณดิจิทัลที่มีค่าลอจิกเป็น 1 ออกไป 20 บิต ติดต่อกัน จะทำให้การซิงโครไนซ์ของข้อมูลเกิดการคลาดเคลื่อน โดยปกติวงจรดิจิทัลจะปรับการซิงโครไนซ์ของข้อมูลได้เฉพาะในช่วงที่มีการเปลี่ยนระดับของข้อมูลจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1 และทำให้รับข้อมูลผิดพลาดเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวจึงจะต้องทำการนำสัญญาณดิจิทัลปกติไปผ่านเข้ารหัสเสียก่อน โดยการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ จะเปลี่ยนให้สัญญาณดิจิทัลลอจิก 0 ถูกแทนด้วยการเปลี่ยนค่าจากลอจิก 1 เป็น 0 และสัญญาณดิจิทัลลอจิก 1 แทนด้วยการเปลี่ยนค่าจากลอจิก 0 เป็น 1 ของการเข้ารหัสแบบนี้ก็คือ ทำให้มีการเปลี่ยนระดับของข้อมูลทุกครั้งเป็นไปอย่างแน่นอน หรือเกิดการเข้าจังหวะ (synchronize) กันของข้อมูลนั่นเอง แต่ว่าการเข้ารหัสแบบนี้ก็มีข้อเสียอยู่กล่าวคือช่วงเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลต้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงสัญญาณรูปคลื่นที่เข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester)

2.9.2.1.3 Differential Manchester คล้ายกับการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์ต่างตรงที่การเปลี่ยนระดับแรงดันจะเปลี่ยนเป็นทิศทางตรงข้าม ทุกบิตที่มีค่าเป็น 1

2.9.3 การแปลงข้อมูลดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital Data to Analog Signal)

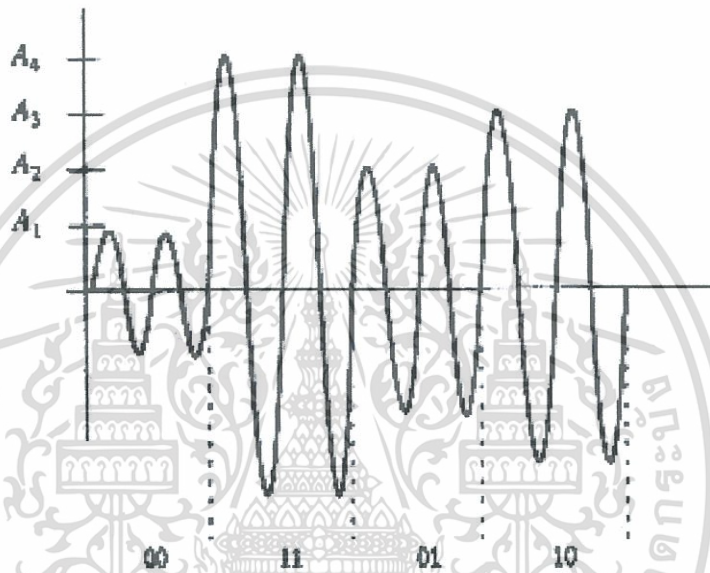
เมื่อต้องการจะส่งสัญญาณหรือข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสาร จำเป็นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณเหล่านั้นให้เคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ขบวนการในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าดังกล่าว เรียกว่า “การมอดูเลต” หรือการกล้ำสัญญาณที่เป็นพลังงานไฟฟ้าที่มีความถี่สูงและคงที่รวมทั้งแอมพลิจูด (ขนาด) สูงด้วยเรียกว่า “สัญญาณคลื่นพาห์” (Signal Carrier)

อุปกรณ์สำหรับมอดูเลตสัญญาณ (Modulator) จะสร้างสัญญาณคลื่นพาห์ และรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูลเพื่อให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งผ่านสื่อกลางไปยังอีกจุดหนึ่ง เมื่อถึงปลายทางจะมีอุปกรณ์ในการแยกสัญญาณคลื่นพาห์ออก เรียกว่า “การดีมอดูเลต” (Demodulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

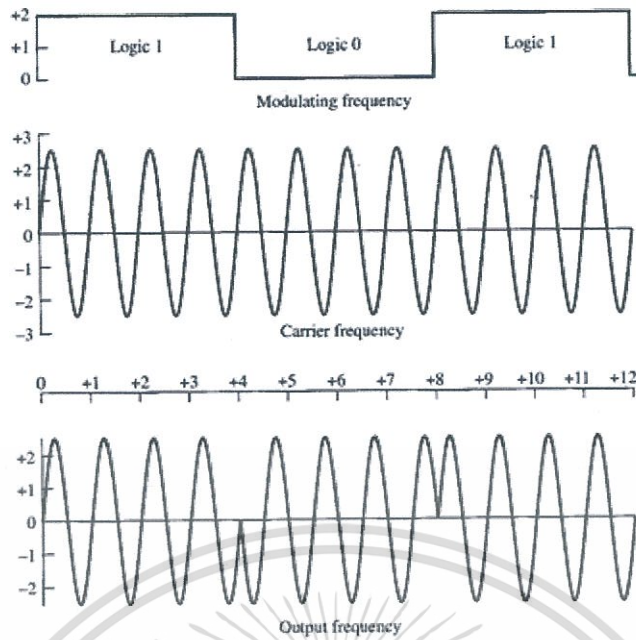
เทคนิคการมอดูเลตข้อมูลเข้ากับคลื่นพาหะก็มีด้วยกันหลายวิธีเช่น ASK (Amplitude Shift Keying) ,FSK (Frequency Shift Keying) หรือ PSK(Phase Shift Keying) ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกให้ตามความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

2.9.3.1 การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมพลิจูด (ASK) ความถี่ของคลื่นพาหะ (Carrier Wave) ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณอนาล็อกผ่านตัวกลางสื่อสารนั้นจะคงที่ ลักษณะของสัญญาณมอดูเลตเมื่อค่าของบิตของสัญญาณข้อมูลดิจิทัลมีค่าเป็น 1 ขนาดของคลื่นพาหะจะสูงขึ้นกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ขนาดของคลื่นพาหะจะตกลงกว่าปกติ การมอดูเลต ASK มักจะไม่ค่อยได้รับความนิยมเพราะจะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย



รูปที่ 2.22 การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมพลิจูด

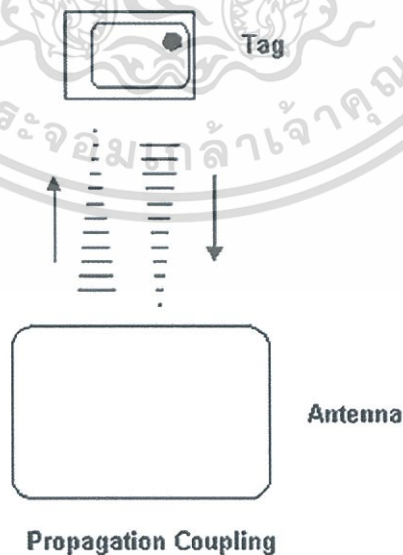
2.9.3.2 การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (PSK) หลักการ Phase Shift Keying คือ ค่าของขนาดและความถี่ของคลื่นพาหะจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่ที่จะเปลี่ยนคือ เฟสของสัญญาณ กล่าวคือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของบิตจาก 1 ไปเป็น 0 หรือเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน(Shift) ไป 180 องศาด้วย หลักการ PSK สามารถทำได้ทั้งแบบ 2 เฟส (0,90,180,270 องศา) และแบบ 8 เฟส (0,45,90,135,180,225,270,315 องศา) ในการมอดูเลตเพื่อเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลดิจิทัลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 แบบ วิธีการแบบ PSK จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุด และได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุด แต่วงจรการทำงานจะยุ่งยากกว่าและราคาสูงกว่า



รูปที่ 2.23 การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส

2.10 การสื่อสารแบบไร้สาย

การสื่อสารข้อมูลของระบบ RFID คือ ระหว่างแท็ก(Tag) และตัวอ่านข้อมูล(Reader หรือ Interrogator) จะสื่อสารแบบไร้สายผ่านอากาศ โดยจะนำข้อมูลมาทำการมอดูเลต(Modulation) กับคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นความถี่วิทยุโดยมีสายอากาศ (Antenna) ที่อยู่ในตัวอ่านข้อมูลเป็นตัวรับและส่งคลื่น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Inductive Coupling หรือ Proximity Electromagnetic) กับ วิธีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Propagation Coupling)



รูปที่ 2.24 แสดงการสื่อสารระหว่างแท็กและตัวรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 คลื่นพาหะในระบบ RFID

ในปัจจุบันคลื่นพาหะที่ใช้งานกันในระบบ RFID จะอยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กำหนดการใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และการแพทย์ สามารถใช้งานได้โดยไม่ตรงกับย่านความถี่ที่ใช้งานในการสื่อสารทั่วไป สำหรับคลื่นพาหะที่ใช้กันในระบบ RFID อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ย่านความถี่ที่ใช้งานหลัก ได้แก่

- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency: LF) ต่ำกว่า 150 kHz
- ย่านความถี่สูง (High Frequency: HF) 13.56 MHz
- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency: UHF) 433/868/915 MHz

การใช้งาน 2 ย่านความถี่แรกจะเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะใกล้ (LF ระยะอ่านประมาณ 10-20 เซนติเมตร และ HF ระยะอ่านประมาณ 1 เมตร) เช่น การตรวจสอบการผ่านเข้าออกพื้นที่การตรวจหา และเก็บประวัติในสัตว์ ส่วนย่านความถี่สูงยิ่ง จะถูกใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล (UHF ระยะอ่านประมาณ 1-10 เมตร) เช่น ระบบเก็บค่าบริการทางด่วน และในปัจจุบันระบบ RFID กำลังถูกวิจัยและพัฒนาในย่านความถี่ไมโครเวฟที่ความถี่ 2.4 GHz และความถี่ 5.8 GHz เพื่อใช้งานที่ต้องการระยะอ่านที่ไกลกว่า 10 เมตรเป็นต้น ในแง่ของราคาและความเร็วในการสื่อสารข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้ว RFID ซึ่งใช้คลื่นพาหะย่านความถี่สูงเป็นระบบที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุด และมีราคาแพงที่สุดด้วยเช่นกัน ส่วน RFID ที่ใช้คลื่นพาหะในอีก 2 ย่านความถี่จะมีระดับราคาและความเร็วลดหลั่นกันไป

ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปคือ 125 kHz	<ul style="list-style-type: none"> - ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ - ต้นทุนไม่สูง - ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ - ความถี่ในย่านนี้ใช้งานเป็นที่แพร่หลายทั่วไป 	<ul style="list-style-type: none"> - Access Control - ปุศสัตว์ - ระบบคงคลัง - รถยนต์
ย่านความถี่กลาง 10-15 MHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานกันทั่วไปคือ 13.56 MHz	<ul style="list-style-type: none"> - ระยะการรับส่งข้อมูลปานกลาง - ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต - ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง - ความถี่ในย่านนี้ใช้งานเป็นที่แพร่หลายทั่วไป 	<ul style="list-style-type: none"> - Access Control - Smart Card
ย่านความถี่สูง 850-950 MHz, 2.4-5.8 GHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งานกันทั่วไปคือ 2.45 GHz	<ul style="list-style-type: none"> - ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (10 เมตร) - ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง - ราคาแพง 	<ul style="list-style-type: none"> - รถไฟ - ระบบเก็บค่าผ่านทาง

ตารางที่ 2.2 ย่านความถี่ต่างๆ ของระบบ RFID และการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 อัตราการรับส่งข้อมูลและแบนด์วิดธ์

อัตราการรับส่งข้อมูล (Data Transfer Rate) จะขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นพาหะ โดยปกติถ้าความถี่ของคลื่นพาหะยิ่งสูง อัตราการรับส่งข้อมูลก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย ส่วนการเลือกแบนด์วิดธ์ หรือย่านความถี่นั้น ก็จะมีผลต่ออัตราการรับส่งข้อมูลเช่นกัน โดยมีหลักว่า แบนด์วิดธ์ควรจะมีค่ามากกว่าอัตราการรับส่งข้อมูลที่ต้องการอย่างน้อยสองเท่า ยกตัวอย่างเช่น ถ้าใช้แบนด์วิดธ์ในช่วง 2.4-2.5 GHz ก็จะสามารถรองรับอัตราการรับส่งข้อมูลได้ถึงประมาณ 2 megabits ต่อวินาที เป็นต้น แต่การใช้แบนด์วิดธ์ที่กว้างเกินไปก็อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนมาก หรือทำให้ S/N Ratio ต่ำลงนั่นเอง ดังนั้นการเลือกใช้แบนด์วิดธ์ให้ถูกต้องก็เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณา

2.13 ระยะเวลาการรับส่งข้อมูลและกำลังส่ง

ระยะเวลาการรับส่งข้อมูลในระบบ RFID ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญต่างๆ คือ กำลังส่งของตัวอ่านข้อมูล (Reader/Interrogator Power) ,กำลังส่งของแท็ก(Tag Power) และสภาพแวดล้อม ส่วนการออกแบบสายอากาศของตัวอ่านข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่กระจายออกมาจากสายอากาศ ดังนั้นระยะเวลาการรับส่งข้อมูล บางที่อาจขึ้นอยู่กับมุมของการรับส่งระหว่างแท็กและตัวอ่านข้อมูลด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสำคัญ ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทั่วไปจะลดลงตามระยะทางโดยแปรผกผันกับระยะยกกำลังสอง แต่ในบางสภาพแวดล้อมซึ่งอาจมีการสะท้อนกลับของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสิ่งต่างๆรอบตัว เช่น โลหะ ก็อาจทำให้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว โดยอาจแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสี่ ปรากฏการณ์เช่นนี้เราเรียกว่า “Multi-path Attenuation” ซึ่งจะส่งผลให้ระยะเวลาการรับส่งข้อมูลสั้นลง หรือแม้กระทั่งความชื้นในอากาศก็อาจมีผลในกรณีที่มีความถี่สูงๆ ดังนั้นการนำระบบ RFID ไปใช้งานก็ควรมีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เพราะมีผลกระทบกับระยะเวลาการรับส่งข้อมูล และพยายามติดตั้งระบบให้ห่างไกลจากโลหะ ซึ่งอาจทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

กำลังส่งของแท็กที่จะส่งกลับมายังตัวอ่านข้อมูลนั้น โดยทั่วไปจะมีกำลังที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังส่งของ ตัวอ่านข้อมูล ดังนั้นความไวในการตรวจจับสัญญาณของตัวอ่านข้อมูล ก็เป็นอีกจุดหนึ่งที่ต้องพิจารณา

ถึงแม้ในทางเทคนิคเราจะสามารถทำให้ตัวอ่านข้อมูลมีกำลังส่งมากแค่ไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปก็ จะถูกจำกัดโดยกฎหมายของแต่ละประเทศ เช่นเดียวกับความถี่ ดังนั้นในระบบ แบนด์วิดธ์ RFID โดยทั่วไปจะมีกำลังส่งเพียงระหว่าง 100-500 mW

2.14 รูปแบบการรับส่งข้อมูลโดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุ

รูปแบบการรับส่งข้อมูลโดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุโดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.14.1 การสื่อสารแบบ Full Duplex: แบบ Full Duplex เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณที่สามารถตรวจจับและแปลงเป็นกำลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องลูกข่ายได้ตลอดเวลา การส่งข้อมูลจากเครื่องอ่านไปยังเครื่องลูกข่าย (Downlink) และการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายกลับมายังเครื่องอ่าน (Uplink) สามารถกระทำขึ้นเมื่อใดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องรอจังหวะในการส่งไปกลับแต่อย่างใด

2.14.2 การสื่อสารแบบ Half Duplex: แบบ Half Duplex แม้ว่าเครื่องอ่านจะทำการส่งพลังงานไฟฟ้าไปให้กับเครื่องลูกข่ายตลอดเวลา แต่ก็ต้องมีการกำหนดจังหวะผลัดกันรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและเครื่องลูกข่าย

2.14.3 การสื่อสารแบบ Sequential: แบบ Sequential นั้นจะมีการจำกัดเวลาในการส่งพลังงานไฟฟ้าไปให้กับเครื่องลูกข่ายในลักษณะพัลส์ (Pulse) หรือ ก้อนพลังงานที่ส่งออกในแต่ละช่วงเวลาและใช้การปรากฏขึ้นของพลังงานหรือพัลส์เป็นสัญญาณกำหนดให้มีการส่งข้อมูล (Downlink) ส่วนช่วงที่ไม่มีพลังงานปรากฏอยู่จะเป็นการส่งสัญญาณ (Uplink)

2.14.4 การสื่อสารแบบ Simplex: การส่งสัญญาณข้อมูลแบบ simplex ข้อมูลจะถูกส่งไปในทางเดียว เท่านั้นและตลอดเวลา เช่น การกระจายเสียงของ สถานี วิทยุ

2.15 เทคโนโลยี RFID ที่ใช้การสื่อสารแบบ Duplexing

มาตรฐานการสื่อสาร RFID แบบ Duplexing ซึ่งสามารถจำแนกตามรูปแบบการทำงานได้ 4 ประเภท ได้แก่เทคโนโลยีแบบ Inductive Coupling, Electromagnetic Backscatter Coupling, Close Coupling และเทคโนโลยี Electrical Coupling ซึ่งจะขอกกล่าวเฉพาะเทคโนโลยีแบบ Inductive Coupling

เทคโนโลยีแบบ Inductive Coupling เป็นมาตรฐานที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำทางคลื่นไฟฟ้า โครงสร้างของเครื่องลูกข่าย ประกอบไปด้วยแผงวงจรถูก หรือชิปที่ใช้เก็บข้อมูลต่างๆ โดยมีขดลวดพื้นที่กว้าง ทำหน้าที่เป็นสายอากาศสำหรับ รับและส่งสัญญาณ ทั้งนี้จะกล่าวถึงเทคนิคในการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องลูกข่าย เพื่อเลี้ยงอุปกรณ์ชิปสามารถทำงานได้ ก่อนจะกล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลการส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน

เนื่องจากการทำงานของเครื่องลูกข่ายนั้นเป็นแบบพาสซีฟ (Passive operation) กล่าวคือ ไม่มีแหล่งพลังงานภายในเป็นของตนเอง จึงจำเป็นต้องรับพลังงานมาจากเครื่องอ่านโดยตรง ด้วยเหตุนี้จึงต้องการออกแบบสายอากาศของเครื่องอ่าน (ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องส่งทั้งข้อมูลและพลังงานไปในตัว) สามารถส่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กำลังสูงสามารถตกกระทบขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศของเครื่องลูกข่ายได้อย่างเหมาะสม ประกอบทั้งความยาวคลื่นของสัญญาณคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้เนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งกระจายออกมาจากเครื่องอ่านนี้มีค่ามากกว่าระยะห่างระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องอ่าน ซึ่งโดยทั่วไปมักวางห่างกันในหลักไม้มากนัก ในขณะที่เทคโนโลยี RFID แบบ Inductive Coupling ส่วนใหญ่ใช้ความถี่ต่ำเพียง 135 กิโลเฮิร์ตซ์ หรืออาจจะต่ำกว่า ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความยาวคลื่นสูงมากถึง 2,400 เมตร แม้ในบางระบบที่ความถี่ใช้ความถี่สูงในย่าน 13.56 เมกะเฮิร์ตซ์ ก็ยังกำเนิดคลื่นสัญญาณที่มีความยาวถึง 22.1 เมตร จึงไม่มีปัญหาในเรื่องของความยาวคลื่นที่สั้นเกินไปจนเกิดปรากฏการณ์เลี้ยวเบน หรือถูกกลทอนจากผนังอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ หากพิจารณาถึงพื้นที่ใช้งาน โดยทั่วไปที่มีได้ไกลและกว้างใหญ่มากนัก สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะตกกระทบขดลวดสายอากาศของเครื่องลูกข่าย ก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขนาดอ่อนๆ ขึ้นบนขดลวดดังกล่าว ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกนำไปเข้ากระบวนการเรกติไฟร์ โดยตัวเก็บประจุและไดโอดเพื่อกรองให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับป้อนให้กับอุปกรณ์ชิป ทั้งนี้หัวใจของการออกแบบอยู่ที่การเลือกค่าของตัวเก็บประจุ C_1 ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด L เพื่อให้สามารถกำหนดค่าความถี่กำทอน (Resonance Frequency) ที่ตรงกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมาจากเครื่องอ่านเพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องลูกข่าย

สิ่งที่ผู้ออกแบบอุปกรณ์เครื่องอ่านและเครื่องลูกข่าย RFID แบบ Inductive Coupling ให้ความสำคัญมากที่สุดก็คือ การออกแบบขดลวดทั้งที่เครื่องอ่านและเครื่องลูกข่ายให้สามารถถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าให้แก่กันได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด หากจินตนาการเปรียบเทียบการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าระหว่างขดลวดทั้งสองมิได้พันอยู่บนแกนแม่เหล็กเดียวกัน กลับกลายเป็นใช้อากาศ ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำพาสัญญาณที่เลวร้ายกว่าแกนแม่เหล็กมากๆ

ดังนั้นในการออกแบบระบบแบบ Inductive Coupling ให้มีประสิทธิภาพในการถ่ายทอดพลังงานให้มากที่สุด จึงต้องเน้นไปที่ย่านความถี่ที่เหมาะสมต่อการส่งกระจายพลังงาน จำนวนรอบของขดลวดที่เครื่องอ่าน พื้นที่หน้าตัดของขดลวดที่เครื่องลูกข่าย มุมติดตั้ง และระยะห่างระหว่างเครื่องอ่านกับเครื่องลูกข่าย

เมื่อความถี่ที่ใช้ในการสื่อสารมีค่าสูงมากขึ้น จะพบว่าค่าความเหนี่ยวนำที่ต้องใช้สำหรับขดลวดสายอากาศของเครื่องลูกข่ายจะมีค่าลดลง ซึ่งหมายถึงใช้จำนวนรอบการพันลดลงเช่นกัน ตัวอย่างเช่น หากใช้งานที่ความถี่ย่าน 135 กิโลเฮิร์ตซ์ จะต้องมีการพันขดลวดอากาศที่เครื่องลูกข่ายในช่วง 100 – 1,000 รอบ แต่หากเพิ่มความถี่ในการใช้งานเป็น 13.56 เมกะเฮิร์ตซ์ ก็จะสามารถลดจำนวนรอบของขดลวดจะเหลือเพียง

3 – 10 รอบเท่านั้น

2.16 วงจรเรโซแนนซ์

วงจรเรโซแนนซ์เป็นวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วย ตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อพร้อมกันหรือขดลวดเหนี่ยวนำต่อกับตัวเก็บประจุ มี 2 แบบคือวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมและวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน วงจรทั้ง 2 แบบนี้เมื่อเกิดสภาวะเรโซแนนซ์จะทำให้ความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำ (X_L) เท่ากับค่าความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุ (X_C) หรือ $X_L = X_C$ การทำให้ค่าความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานจินตภาพ แห่งการเก็บประจุนั้นสามารถทำได้โดยการปรับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดเหนี่ยวนำหรือการปรับค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุหรือการปรับค่าความถี่ของวงจรมานั้น ๆ

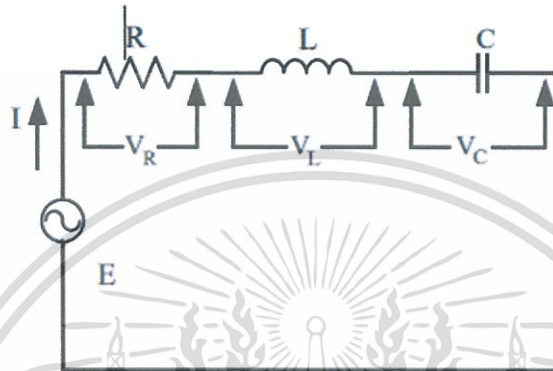
2.16.1 หลักการวงจรเรโซแนนซ์

ในการนำตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมาต่อกันในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จะเป็นการต่อในแบบอนุกรม แบบขนานหรือแบบผสม คุณลักษณะโดยทั่วไปของวงจรจะเหมือนกันคือความต้านทานจินตภาพของอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นภายในวงจรอาจจะเกิดขึ้นเสริมกันหรือหักล้างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำและความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุว่ามีมากหรือน้อยต่อกันอย่างไร ถ้าความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำมีมากกว่าความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุ วงจรนั้นย่อมแสดงคุณลักษณะของขดลวดเหนี่ยวนำมากกว่าตัวเก็บประจุเปรียบเสมือนวงจรมันประกอบด้วยตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำ แต่ถ้าความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุมีมากกว่าความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำ วงจรนั้นย่อมแสดงคุณลักษณะของตัวเก็บประจุมากกว่าขดลวดเหนี่ยวนำเปรียบเสมือนวงจรมันประกอบด้วยตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ แต่ถ้าหากว่าความต้านทาน จินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำและความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุมีค่าเท่ากันหรือหักล้างกันหมดไปเป็น 0 ในวงจรมันจะเหลือแต่ค่าความต้านทานของตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวเท่านั้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามีมุมร่วมกัน สภาวะเช่นนี้เรียกว่า สภาวะเรโซแนนซ์ โดยมีคุณสมบัติของวงจรดังนี้

- ความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำและความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุ มีค่าเท่ากันหรือหักล้างกันหมดไปเป็น 0 ($X_L = X_C$ หรือ $X_L - X_C = 0$)
- กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้ามีมุมร่วมกัน ดังนั้นมุมต่างเฟสจึงเท่ากับ 0 องศา
- ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจรมีค่าเท่ากับ 1 ($\cos 0 = 1$)
- ถ้าเป็นวงจรอนุกรมแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ ($V_L = V_C$)
- ถ้าเป็นวงจรขนานกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ ($I_L = I_C$) แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน
- ในวงจรจะมีความถี่ผ่านวงจรได้เพียงความถี่เดียวเท่านั้น

2.16.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

วงจรตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุต่อกันแบบอนุกรมกันเมื่อวงจรเกิดสถานะ เรโซแนนซ์ จะทำให้ค่า $X_L = X_C$ เมื่อค่าของ $X_L = X_C$ แล้ว จะทำให้เกิดการหักล้างกันเป็น 0 เนื่องจากค่าของ X_L เป็นบวกส่วนค่าของ X_C เป็นลบ ($X_L - X_C = 0$) ดังนั้นในวงจรจึงเหลือเพียงค่า ความต้านทานของตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวเท่านั้นความต้านทานเชิงซ้อนของวงจรจึงมีค่าเท่ากับ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานในวงจร ($Z = R$)



รูปที่ 2.25 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม

จากวงจรในรูปที่ 2.25 จะได้

$$\begin{aligned} Z &= R + jX_L - jX_C \\ &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \end{aligned}$$

เมื่อ $X_L = X_C$ และ $X_L - X_C = 0$

$$\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + 0^2} \\ Z &= R \end{aligned} \tag{2.1}$$

เมื่อ $X_L = 2\pi fL$ และ $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

จาก $X_L = X_C$

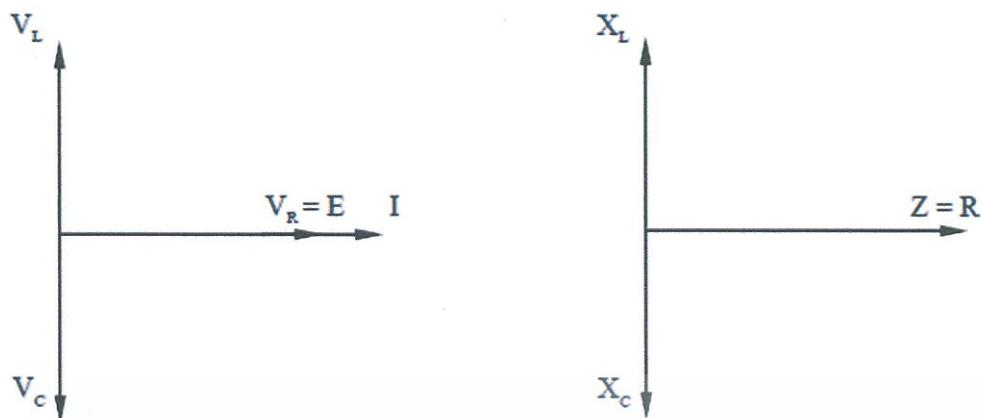
แทนค่า

$$\begin{aligned} 2\pi fL &= \frac{1}{2\pi fC} \\ f^2 &= \frac{1}{(2\pi)^2 LC} \\ f &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{aligned} \tag{2.2}$$

เมื่อ f หมายถึง ความถี่เรโซแนนซ์ มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (HZ)

L หมายถึง ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็นเฮนรี่ (H)

C หมายถึง ค่าประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็นฟารัด (F)



ก. แผนภาพเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้า

ข. แผนภาพเฟสเซอร์ของความต้านทานเชิงซ้อน

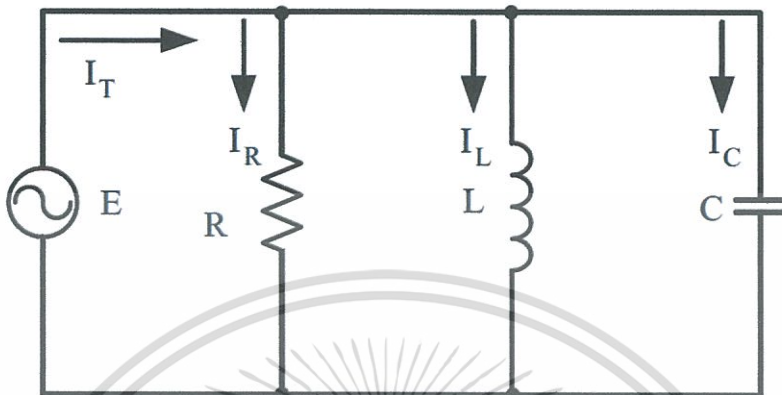
รูปที่ 2.26 แผนภาพเฟสเซอร์ของวงจร

จากรูปที่ 2.26 ก. เป็นแผนภาพเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม R-L-C ที่เกิดสภาวะเรโซแนนซ์ ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ คือ V_L มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุคือ V_C แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 0 ($V_L - V_C = 0$) จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_R) มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมวงจรทั้งหมด คือเท่ากับ E

ในภาพที่ 2.26 ข. เมื่อวงจรเกิดสภาวะเรโซแนนซ์ความต้านทานจินตภาพแห่งการเหนี่ยวนำ มีค่าเท่ากับความต้านทานจินตภาพแห่งการเก็บประจุ ($X_L = X_C$) แต่มีทิศทางตรงข้ามกันเมื่อนำมารวมกันทำให้ได้ค่าเท่ากับ 0 ($X_L - X_C = 0$) ในวงจรจึงเหลือแต่ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน เท่านั้น จึงได้ $Z = R$

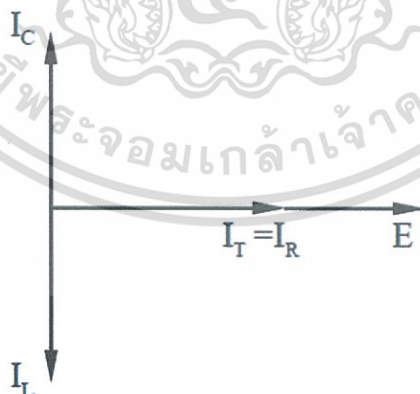
2.16.3 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

เมื่อนำเอาตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุมาต่อกันแบบขนานวงจร จะแสดง คุณลักษณะของวงจรออกมาดังนี้คือ ถ้า $X_L > X_C$ กระแสไฟฟ้า I_C จะมากกว่า I_L แต่ถ้า กระแสไฟฟ้า I_L จะมากกว่า I_C แต่ถ้า $X_L < X_C$ เรียกคุณลักษณะของวงจรนี้ว่าวงจรอยู่ใน สภาวะ เรโซแนนซ์ กระแสไฟฟ้า $I_L = I_C$



รูปที่ 2.27 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

วงจรตัวต้านทาน ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุต่อแบบขนานที่อยู่ใน สภาวะเรโซแนนซ์จะทำให้ค่าของ $X_L = X_C$ เป็นผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ มีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ นั่นคือ $I_L = I_C$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด เหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุนี้จะสมดุลกันและมีทิศทางตรงข้ามกันจึงหักล้างกันหมดไป ($I_L - I_C = 0$) ในวงจรจึงเหลือแต่กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ดังนั้น $I_T = I_R$



รูปที่ 2.28 แผนภาพเฟสเซอร์ของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

ในวงจรแบบขนานความต้านทานเชิงซ้อนของวงจร คือ

$$Z = \frac{RX_L X_C}{\sqrt{X_L^2 X_C^2 + R^2 (X_L - X_C)^2}} \quad (2.3)$$

เมื่อวงจรอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ $X_L = X_C$

ดังนั้น $X_L - X_C = 0$

$$\therefore Z = \frac{RX_L X_C}{\sqrt{X_L^2 X_C^2}} \quad (\text{เมื่อ } R^2 (X_L - X_C)^2 = 0)$$

$$= \frac{RX_L X_C}{X_L X_C} \quad (\text{เมื่อ } \sqrt{X_L^2 X_C^2} = X_L X_C)$$

$$Z = R \quad (\text{เมื่อ } \frac{X_L X_C}{X_L X_C} = 1)$$

จาก $X_L = X_C$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

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

2.16.4 ตัวประกอบคุณภาพ (Quality Factor: Q)

ค่าตัวประกอบคุณภาพเป็นค่าที่นิยามเพื่อแสดงคุณสมบัติของวงจรเรโซแนนซ์ ในการเลือกความถี่และการสูญเสียภายในวงจร ถ้าค่า Q สูงวงจรเรโซแนนซ์จะมีคุณภาพที่ดีกว่าวงจรที่มีค่า Q ต่ำ เนื่องจากพลังงานที่สะสมในระบบมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังงานที่สูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบ

ตัวประกอบคุณภาพ คืออัตราส่วนของพลังงานสูงสุดที่สะสมไว้ในวงจรเทียบกับพลังงานที่สูญเสียในหนึ่งคาบเวลา

$$Q = 2\pi \frac{\text{พลังงานที่สะสมทั้งหมด}}{\text{พลังงานที่สูญเสียในหนึ่งรอบการทำงาน}} = 2\pi \frac{W_{\max}}{W_{\text{Loss}}}$$

ซึ่งพลังงานจะสะสมในตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ พลังงานที่สูญเสียจะเกิดที่ตัวต้านทาน สมการหาค่า Q ในเทอมของพลังงานที่เวลา t ใดๆ ที่สัมพันธ์กับอุปกรณ์รีแอกทีฟ คือ L, C และกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในตัว R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = 2\pi \left[\frac{[W_L(t) + W_C(t)]_{\max}}{P_R T} \right] \quad (2.4)$$

เมื่อ T คือ คาบเวลาของแหล่งจ่ายที่เป็นสัญญาณไซน์ ณ จุดความถี่ที่ต้องการหา Q
 หาค่า Q ที่ความถี่เรโซแนนซ์ กำหนด Q แทนด้วย Q_0

กระแสอินพุท ; $i_s(t) = I_m \cos \omega t$

แรงดันเอาต์พุทที่จุดเรโซแนนซ์ ; $v(t) = Ri_s(t) = RI_m \cos \omega t$

พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ ; $W_C(t) = \frac{1}{2} C v^2(t) = \frac{1}{2} I_m^2 R^2 C \cos^2 \omega_0 t$

พลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำ ; $W_L(t) = \frac{1}{2} L i_R^2(t) = \frac{1}{2} L \left(\frac{1}{L} \int v dt \right)^2$

$$W_L(t) = \frac{1}{2L} \left[\int RI_m \cos \omega_0 t dt \right]^2$$

$$= \frac{1}{2L} \left[\frac{R^2 I_m^2}{\omega_0^2} \sin^2 \omega_0 t \right]$$

แทนค่า $\frac{1}{L\omega_0^2} = C$;

$$W_L(t) = \frac{1}{2} R^2 I_m^2 C \sin^2 \omega_0 t$$

หาพลังงานสะสมรวมที่เวลาใดๆ

$$W(t) = W_L(t) + W_C(t)$$

$$= \frac{1}{2} I_m^2 R^2 C$$

พลังงานรวมที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุเป็นค่าคงที่ เมื่อ $\sin^2 \omega_0 t + \cos^2 \omega_0 t = 1$

ค่าพลังงานที่สูญเสียในตัวต้านทานต่อหนึ่งคาบเวลา

$$P_R = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\phi_v - \phi_i)$$

มุมระหว่างแรงดันและกระแสมีค่าเท่ากับ $\cos(\phi_v - \phi_i) = 1$

$$P_R = \frac{1}{2} I_m^2 R = \frac{1}{2} \frac{V^2}{R}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำคาบเวลาคูณ ;

$$P_R T = \frac{1}{2f_0} I_m^2 R$$

เมื่อ $T = \frac{1}{f_0}$

ค่าตัวประกอบคุณภาพที่จุดเรโซแนนซ์

$$Q_0 = 2\pi \frac{I_m^2 R^2 C / 2}{I_m^2 R / 2f_0} = 2\pi f_0 RC$$

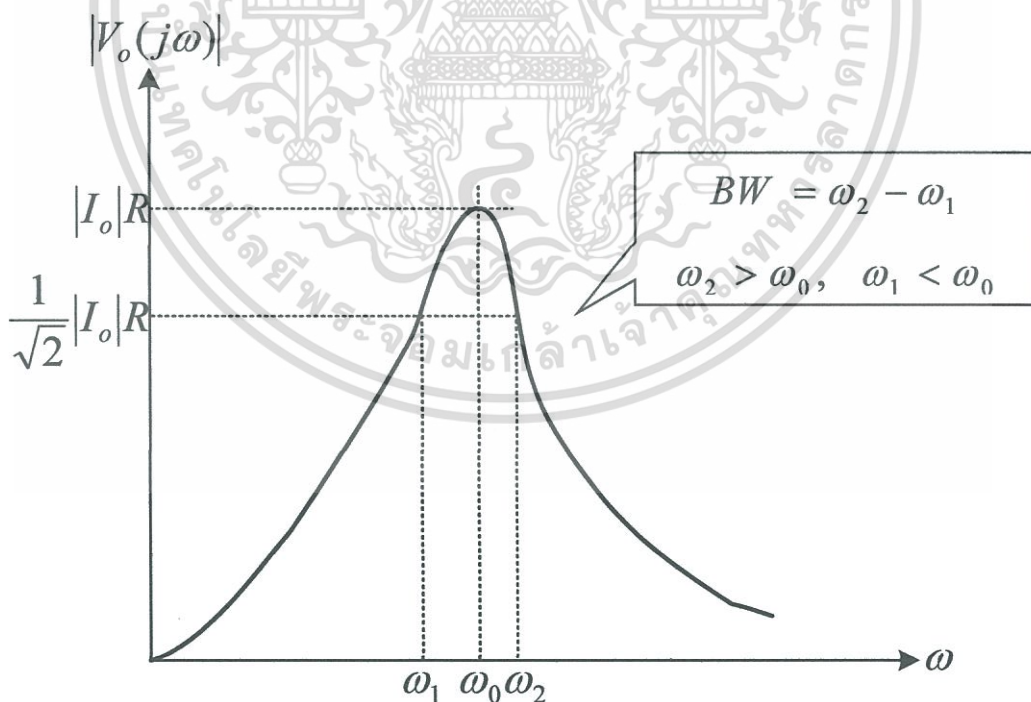
$$Q_0 = \omega_0 RC$$

แทนค่า

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} ; Q_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} RC = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

2.16.5 แบนด์วิดท์ (Bandwidth: BW)

แบนด์วิดท์ของวงจรเรโซแนนซ์ คือช่วงความถี่ที่อยู่ระหว่างความถี่สองความถี่ เมื่อขนาดของอัตราขยายตกลงมาที่ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ เท่าของค่าสูงสุด โดยความถี่ ณ จุดที่ผลตอบสนองหรือขนาดของอัตราขยายมีค่าสูงสุดเรียกว่าความถี่เรโซแนนซ์



รูปที่ 2.29 แผนภาพแสดงแบนด์วิดท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแอดมิตแตนซ์ที่ขึ้นอยู่กับค่า Q_0

$$Y = \frac{1}{R} + j \frac{1}{R} \left(\frac{\omega \omega_0 CR}{\omega_0} - \frac{\omega_0 R}{\omega \omega_0 L} \right)$$

$$= \frac{1}{R} \left[1 + j Q_0 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right]$$

ขนาดของ Y ที่จุดเรโซแนนซ์ คือ $\frac{1}{R}$

ขนาดของ Y ที่มีค่าเป็น $\frac{\sqrt{2}}{R}$ หรือค่าอิมพีแดนซ์ $Z = \frac{1}{\sqrt{2}} R$ จะทำให้ส่วนจินตภาพมีค่าขนาดเป็นหนึ่ง

หาค่าแบนด์วิดท์

$$Q_0 \left(\frac{\omega_2}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_2} \right) = 1 \quad \text{และ} \quad Q_0 \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_1} \right) = -1$$

$$\omega_1 = \omega_0 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{1}{2Q_0} \right)^2} - \frac{1}{2Q_0} \right] \quad \text{และ} \quad \omega_2 = \omega_0 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{1}{2Q_0} \right)^2} + \frac{1}{2Q_0} \right]$$

โดย

$$\omega_1 \omega_2 = \omega_0^2$$

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_1 \omega_2}$$

ดังนั้น

$$BW = \omega_2 - \omega_1$$

$$= \frac{\omega_0}{Q_0}$$

(2.5)

ซึ่งค่า Bandwidth จะแปรผกผันกับค่า Q_0 และวงจรที่มีค่า Q_0 สูงจะต้องกำหนดให้ BW แคบๆ

บทที่ 3

การออกแบบวงจรและการคำนวณ

3.1 การคำนวณของวงจรขับ Reader Coil Drive TAG Coil

การคำนวณหาค่า $(NI)_{rms}$ ของวงจรขับ Reader Coil Drive TAG Coil เป็น Rectangular loop ขนาด $\approx (5.0 \times 8.0) \text{ cm}^2$ จำนวน 1 รอบ ($N=1$) ใช้ลวด No.27

โดยมีค่า Bare diameter (d) $\approx 0.36 \text{ mm}$

Total diameter $\approx 0.4 \text{ mm}$

Frequency $\approx 125 \text{ KHz}$

ค่า $V_{TAG DC} \approx 7 \text{ V}$

ค่า $I_{TAG DC} \approx 5 \text{ mA}$

ขั้นตอนที่ 1 หาค่า L_{TAG}

กำหนดให้ X : Average width of coil $\approx 5 \text{ cm}$

Y : Average length of coil $\approx 8 \text{ cm}$

h : coil height $\approx 0.4 \text{ mm} \approx 0.04 \text{ cm}$ ($h = \text{total diameter}$)

b : width of cross section

โดยที่ $b \approx [(\text{จำนวนรอบของ TAG coil} \times \text{Total diameter}) + (\text{จำนวนช่องว่างเส้นลวด} \times 0.1)]$

$$b \approx [(N \times \text{Total diameter}) + ((N-1) \times 0.1)] \quad (\text{mm})$$

ดังนั้น เมื่อกำหนดให้ $N=1$

$$b \approx [(1 \times 0.4) + (1-1)(0.1)] \approx 0.4 \text{ mm} \approx 0.04 \text{ cm}$$

$$c \approx X + Y + 2h = 5.0 + 8.0 + 2(0.04) \approx 13.08 \text{ cm}$$

หาค่า L_{TAG} ได้จากสมการต่อไปนี้ โดย $L_{TAG} = L_s$

$$\text{จาก } L_s \approx \frac{0.0276(CN)^2}{1.908C+9b+10h} \quad (\mu\text{H}) \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $N = \text{Number of turns}$

$$C = X + Y + 2h$$

$X = \text{width of coil}$

$Y = \text{length of coil}$

$b = \text{width of cross section}$

$h = \text{height (coil build up) of cross section}$; All dimensions are in (cm)

$$\text{แทนค่า } L_s \approx \frac{0.0276(13.08 \times 1)^2}{(1.908 \times 13.08) + (9 \times 0.04) + (10 \times 0.04)}$$

$$L_s \approx 0.1836 \mu\text{H}$$

$$\therefore L_{\text{TAG}} = L_s = 0.1836 \mu\text{H}$$

ขั้นตอนที่ 2 หาค่า $r_{S(\text{AC})}$, $r_{P(\text{AC})}$ ของ COIL

เมื่อกำหนดให้ $l_T = \text{ความยาวของลวดทั้งหมด} \approx 2N(X+Y)$ (cm)

$$\text{ดังนั้น } l_T \approx (2 \times 1)(5+8) \approx 26 \text{ cm} \approx 0.26 \text{ m}$$

$$A = \text{Cross section area of bare wire} = \frac{\pi(d)^2}{4}, d : \text{bare diameter}$$

$$\rho = \text{Copper Resistivity} = 1.8 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$\text{ดังนั้น } A = \frac{\pi(0.36 \times 10^{-3})^2}{4} \approx 101.78 \times 10^{-9} \text{ m}^2$$

$$r_{s(\text{dc})} = \frac{\rho l_T}{A} \approx \frac{(1.8 \times 10^{-8} \times 0.26)}{101.78 \times 10^{-9}} \approx 0.0460 \Omega \quad (3.2)$$

$$\delta = \text{Skin depth} \approx \frac{1}{\sqrt{\pi f (\mu\sigma)}} \quad (3.3)$$

โดย $f = \text{frequency}$

$$\mu = \text{permeability (F/m)} = \mu_0 \mu_r$$

$$\mu_0 = \text{permeability of air} = 4\pi \times 10^{-7}$$

$$\mu_r = 1 \text{ for copper}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

σ = Conductivity of the material (mho/m)

(5.8×10^7 mho/m for copper)

$$\text{ดังนั้น } \delta \approx \frac{1}{\sqrt{\pi(125 \times 10^3)(4\pi \times 10^{-7})(5.8 \times 10^7)}} \approx 0.187 \text{ mm}$$

การหาค่า $r_{S(AC)}$ แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ $d < 2\delta$ และ $d > 2\delta$ ในที่นี้เป็นไปตามกรณี $d < 2\delta$

$$\text{ดังนั้น } r_{S(AC)} = \frac{\rho l_T}{A} \left[1 + \frac{1}{48} \left(\frac{d}{2\delta} \right)^2 \right] \quad (3.4)$$

$$r_{S(AC)} = \frac{1.8 \times 10^{-8} \times 0.26}{101.78 \times 10^{-9}} \left[1 + \frac{1}{48} \left(\frac{0.36 \times 10^{-3}}{2 \times 0.187 \times 10^{-3}} \right)^2 \right]$$

$$r_{S(AC)} \approx 0.0469 \Omega$$

$$\text{และ } Q_U \approx \frac{2\pi f L_S}{r_{S(AC)}} \quad (3.5)$$

$$Q_U \approx \frac{2\pi \times 125 \times 10^3 \times 0.1836 \times 10^{-6}}{0.0469}$$

$$Q_U \approx 3.0746$$

จากนั้นสามารถหาค่า $r_{P(AC)}$ ได้ดังนี้

$$L_P = L_S \left(1 + \frac{1}{Q_U^2} \right) \approx 0.1836 \times 10^{-6} \left(1 + \frac{1}{3.0746^2} \right) \quad (3.6)$$

$$\approx 2.0302 \times 10^{-7} \text{ H}$$

$$r_{P(AC)} = r_{S(AC)} (1 + Q_U^2) \quad (3.7)$$

$$r_{P(AC)} = 0.0469 (1 + 3.0746^2)$$

$$r_{P(AC)} = 0.4903$$

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ TAG และหาค่า $C_P(\text{Resonant})$, R_{TOT} , Q_L , NQ_L

$$\text{จะได้ } V_{TAG \text{ DC}} = V_{DC \text{ in PK}} = V_{\text{output}} + V_{REG} + V_{\text{Diode}} + \Delta V \quad (3.8)$$

$$= 5 + 2 + 3 + 1$$

$$V_{TAG \text{ DC}} = V_{DC \text{ in PK}} = 11 \text{ V}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $V_{TAG\ PK} = V_{TAG\ DC} = 11\ V$

$$\therefore V_{TAG(rms)} = \frac{V_{TAG\ PK}}{\sqrt{2}} = \frac{11}{\sqrt{2}} = 7.78\ V_{rms}$$

คำนวณหาค่า $I_{TAG\ DC}$ จะได้ว่า

$$I_{TAG\ DC} = I_{Q\ REG} + I_{CPU} + I_{SUBCARRIER} + I_{HCO8} + I_{LOADMOD} \quad (3.9)$$

$$I_{TAG\ DC} = 5\ mA$$

$$P_{TAG\ DC} = V_{TAG\ DC} \times I_{TAG\ DC} \quad (3.10)$$

$$P_{TAG\ DC} = 11 \times (5 \times 10^{-3})$$

$$P_{TAG\ DC} = 0.0550\ W$$

$$P_{TAG\ with\ 25\% \ Margin} = 0.0550 + \left(\frac{25}{100}\right)(0.0550) = 0.0688\ W$$

$$P_{TAG(AC)} = P_{TAG\ with\ 25\% \ Margin}$$

$$\frac{V_{TAG(rms)}^2}{R_{L(AC)}} = P_{TAG\ with\ 25\% \ Margin}$$

$$\therefore R_{L(AC)} = \frac{V_{TAG(rms)}^2}{P_{TAG\ with\ 25\% \ Margin}}$$

$$R_{L(AC)} = \frac{7.78^2}{0.0688}$$

$$R_{L(AC)} = 879.7733\ \Omega$$

หาค่า C_p (Resonant), R_{TOT} , Q_L , NQ_L จากค่า $R_{L(AC)}$ มีค่าเท่ากับ 879.7733 Ω

สามารถคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$$R_{TOT} = r_{P(AC)} // R_{L(AC)} = 0.4903 // 879.7733 = 0.4900\ \Omega$$

$$C_p = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L_{TAG}} \quad (3.11)$$

$$= \frac{1}{4\pi^2 (125 \times 10^3)^2 (0.1836 \times 10^{-6})} \approx 8.8297\ \mu H$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BW = \frac{1}{2\pi C_P R_{TOT}} \quad (3.12)$$

$$= \frac{1}{2\pi(8.8297 \times 10^{-6})(0.4900)} \approx 36785.6220 \text{ Hz}$$

$$Q_L = \frac{f_{PK}}{BW} = \frac{125 \times 10^3}{36785.6220} \approx 3.3980 \quad (3.13)$$

$$NQ_L = 1 \times 3.3980 = 3.3980$$

คำนวณเช่นเดิมตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 โดยใช้ $N = 18, 20, 22, 24, 26, \dots$ จะได้ผลตามตาราง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reader Coil (NQ_L) Product Calculation

Loop size and wire parameter

$P_{TAG\ DC} \approx 0.055W$

NO.27 Bare dia 0.36 mm

TAG Parameter: Operating FREQ 125 kHz

Wire: Total dia 0.4 mm

Equivalent $R_{LAC} \approx 879.7733 \Omega$

Loop size $\approx (5.0 \times 8.0) \text{ cm}^2$

$V_{TAG\ (rms)} \approx 7.78V_{rms}$

$V_{TAG\ DC} \approx 11 \text{ V}$, $I_{TAG\ DC} \approx 5\text{mA}$,

P_{TAG} with 25% Margin $\approx 0.0688W$

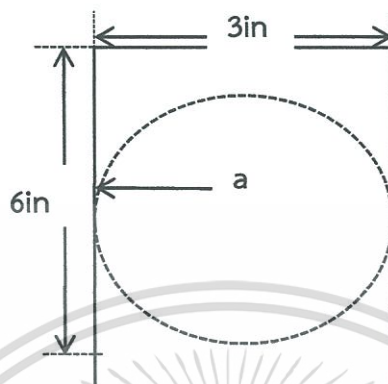
Turns N	Height h:(cm)	Width b:(cm)	X+Y+2h c:(cm)	L _s (uH)	TOT wire Length l:(m)	f _s (DC) (Ω)	f _p (AC) (Ω)	Q _U	L _p (uH)	f _c (AC) (Ω)	R _{TOT} (AC) (Ω)	C _p (nF)	BW(Hz)	Q _L	NQ _L
12	0.04	0.59	13.08	22.17	3.12	0.5518	0.5624	30.96	22.20	539.8	334.5	73.11	6507	19.21	230.5
14	0.04	0.69	13.08	29.32	3.64	0.6437	0.6561	35.10	29.34	808.8	421.4	55.29	6830	18.30	256.2
16	0.04	0.79	13.08	37.23	4.16	0.7357	0.7499	39.00	37.26	1141	496.8	43.54	7358	16.99	271.8
18	0.04	0.89	13.08	45.85	4.68	0.8277	0.8437	42.68	45.88	1538	559.6	35.36	8044	15.54	279.7
20	0.04	0.99	13.08	55.12	5.20	0.9196	0.9374	46.18	110.3	2000	611.0	29.41	8856	14.11	282.3
22	0.04	1.09	13.08	64.99	5.72	1.0116	1.0311	49.50	65.01	2528	652.6	24.95	9776	12.79	281.3
24	0.04	1.19	13.08	75.41	6.24	1.1036	1.1249	52.65	75.44	3120	686.2	21.50	10789	11.59	278.1
26	0.04	1.29	13.08	86.35	6.76	1.1955	1.2186	55.65	86.38	3776	713.5	18.77	11881	10.52	273.5

ตาราง 3.1 TAG(NQ_L) Product Calculation

3.2 การหาค่า $(NI)_{rms}$ ของ Reader Coil Drive

$$\text{จาก } (NI)_{rms} = \frac{2V_{TAG} (a^2+r^2)^{1.5}}{2\pi f \mu_0 a^2 S_{TAG} (nQ) \cos\alpha} \quad (\text{A-Turns}) \quad (3.14)$$

โดยที่ $V_{TAG(rms)} = 8 V_{rms}$



รูปที่ 3.1 Reader Coil (3x6) in² Loop

a = Driver Loop Radius

r = Read Range Reader Coil (3x6) in² Loop ประมาณผลว่าเป็น Loop วงกลม

จะได้ $a \approx \frac{3in}{2} \approx 0.0375 \text{ m}$

$$\cos\alpha \approx 0.9$$

$$S_{TAG} = (5 \times 8) \text{ cm}^2 = (4 \times 10^{-7}) \text{ m}^2$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

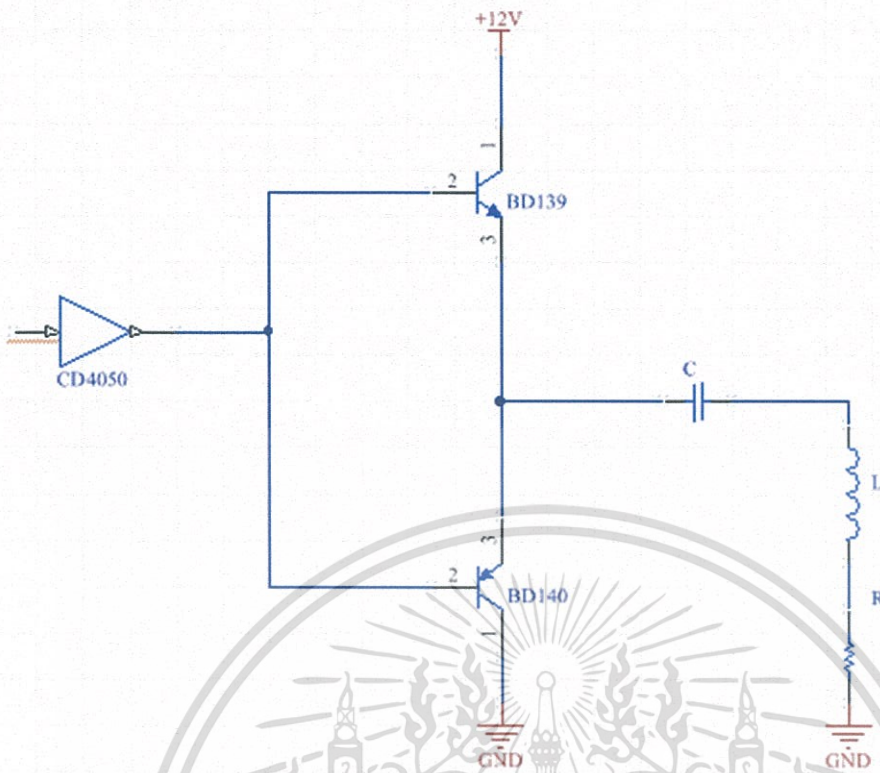
$$f = 125 \text{ kHz}$$

ดังนั้นจะได้

$$(NI)_{rms} = \frac{2(8V)(0.0375^2+0.05^2)^{1.5}}{2\pi(125 \times 10^3)(4\pi \times 10^{-7})(0.0375^2)(4 \times 10^{-3})(225(80\% NQ_{max}))(0.9)}$$

$$\approx 3.5 \text{ A-Turns}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ส่วนหนึ่งของฝั่ง Reader เพื่อคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ

(3x6) in Loop จะได้ $n \approx 20$, $L \approx 160 \mu H$

$$\text{ดังนั้น } I = \frac{(NI)_{\text{rms}}}{N\text{-turn}}$$

$$I \approx \frac{3.5 \text{ A-Turns}}{20 \text{ Turns}} = 175 \text{ mA}_{\text{rms}}$$

$$= 247.5 \text{ mA}_{\text{pk}}$$

$$\approx 250 \text{ mA}_{\text{pk}}$$

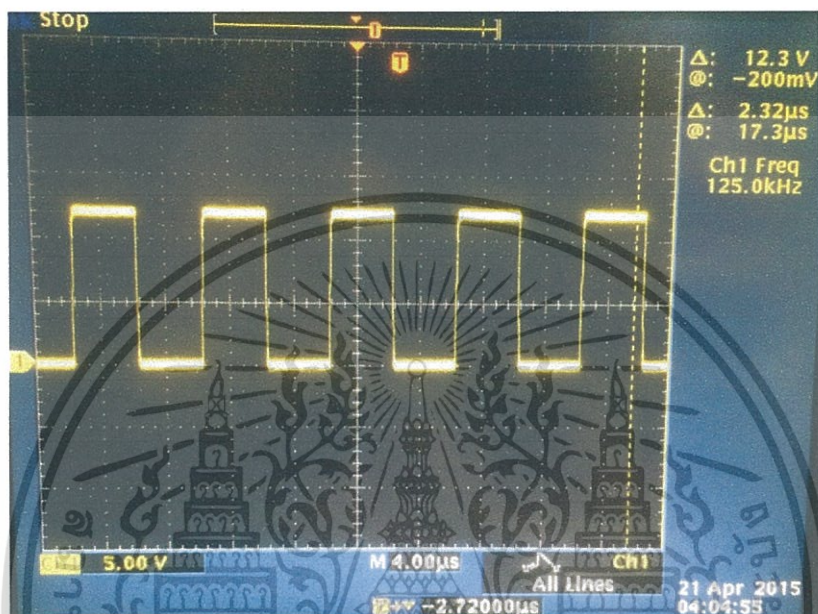
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

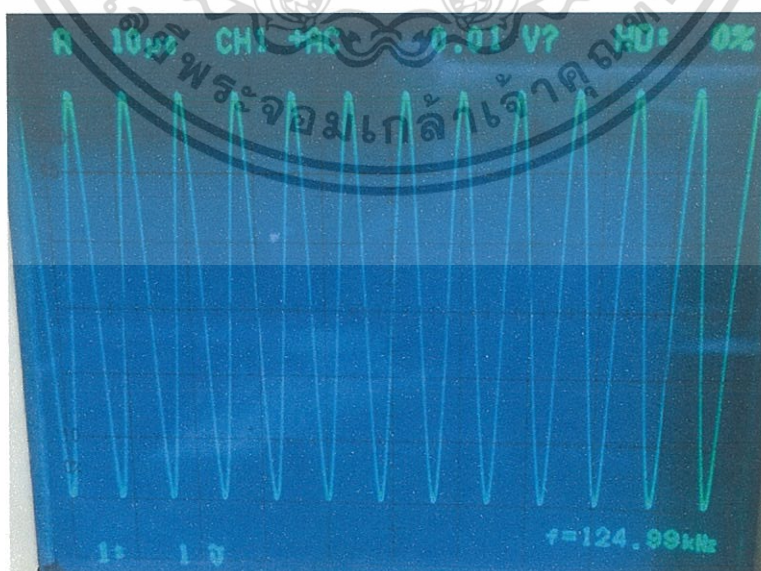
4.1 ผลการทดลองการวัดสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในวงจร

4.1.1 กราฟสัญญาณที่ขา 5 (ขา Q₅) ของ CD4060 ในฝั่ง Reader



รูปที่ 4.1 $V = 12 V_{p-p}$ และ $f = 125 \text{ kHz}$

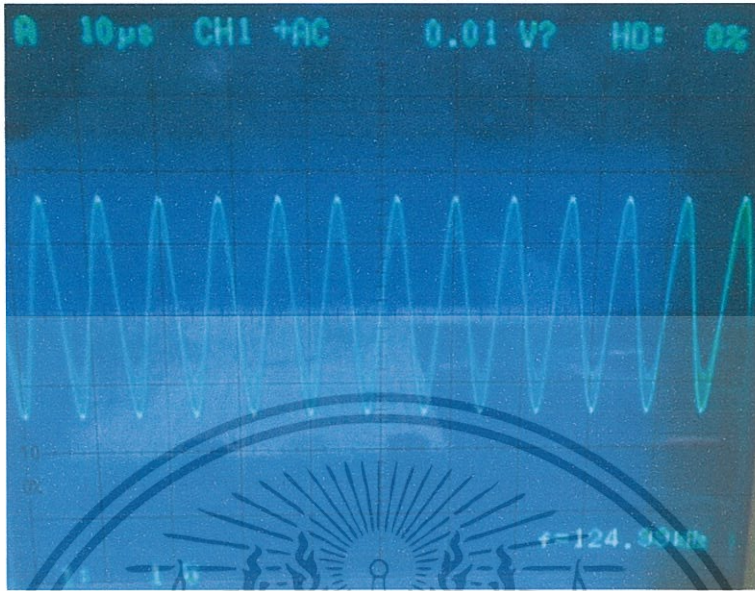
4.1.2 กราฟสัญญาณที่ได้จากการวัดคร่อมตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกัน มีค่า $C = 5.6 \text{ nF}$, 1.5 nF และ 3.3 nF ที่ฝั่ง Reader ในกรณี No Load



รูปที่ 4.2 $V = 60 V_{p-p}$ และ $f = 125 \text{ kHz}$

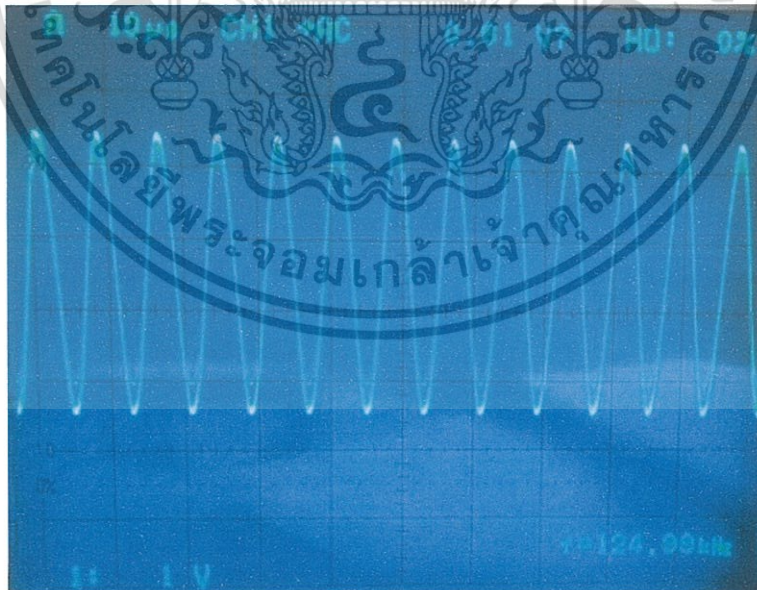
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 กราฟสัญญาณที่ได้จากการวัดคร่อมตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกัน มีค่า $C = 5.6 \text{ nF}$, 1.5 nF และ 3.3 nF ที่ฝั่ง Reader ในกรณีมี Load จาก Tag



รูปที่ 4.3 $V = 30 \text{ V}_{p-p}$ และ $f = 125 \text{ kHz}$

4.1.4 กราฟสัญญาณที่ได้จากการวัดคร่อมตัวเก็บประจุที่ต่อขนานกัน มีค่า $C = 2 \text{ nF}$ และ 18 nF ที่ฝั่ง Tag เมื่อมีการเรโซแนนซ์กับฝั่ง Reader



รูปที่ 4.4 $V = 40 \text{ V}_{p-p}$ และ $f = 125 \text{ kHz}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 กราฟสัญญาณที่ได้จากขา V_{out} ของ HT7150 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Voltage Regulator ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.5 $V = 5 V_{p-p}$

4.1.6 กราฟสัญญาณที่ได้จากขา 16 (ขา V_{DD}) ของ CD4060 ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.6 $V = 5 V_{p-p}$

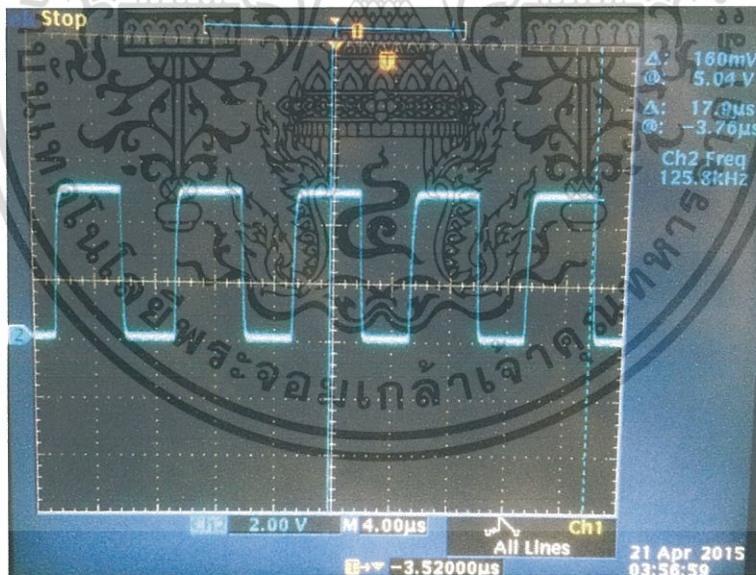
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 กราฟสัญญาณที่ได้จาก KSP10 ขา collector ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.7 V = 125 kHz

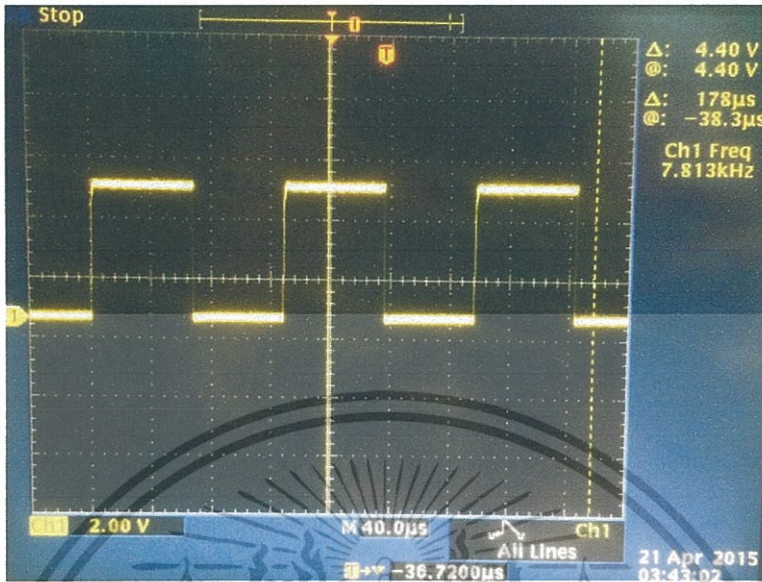
4.1.8 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 9 (จุด Test Point) ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.8 V = 5 V_{p-p} และ f = 125 kHz

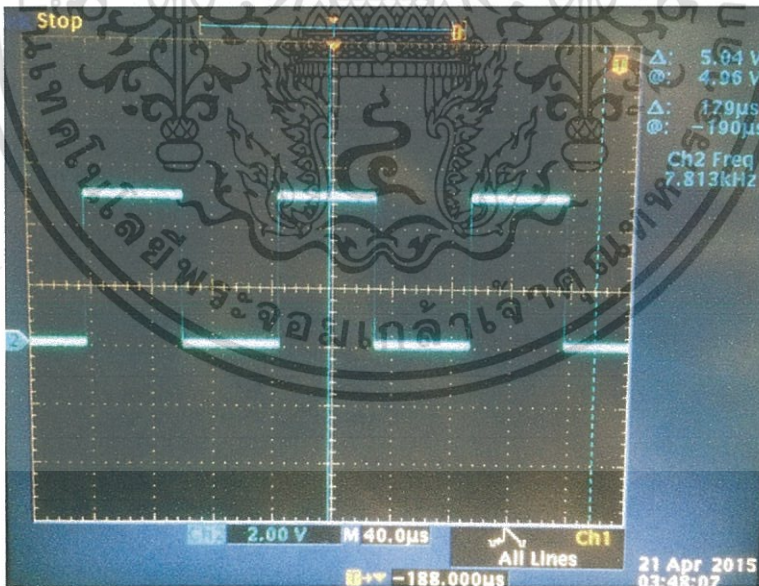
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 7 (Q₄) ของฝั่ง Tag



รูปที่ 4.9 $V = 5 V_{pp}$, $f = 7.813 \text{ kHz}$ และ Bit Rate = 15.626 kBit/Sec

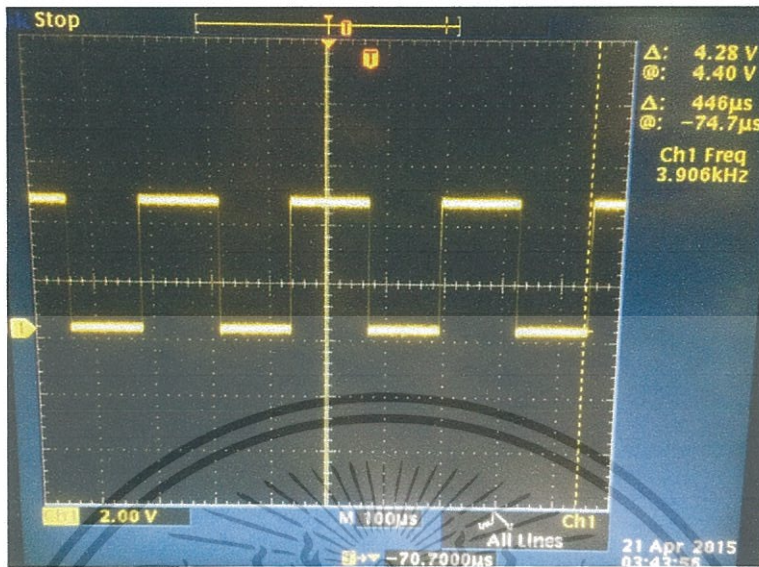
4.1.10 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 7 (Q₄) ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.10 $V = 5 V_{pp}$, $f = 7.813 \text{ kHz}$ และ Bit Rate = 15.626 kBit/Sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.11 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 5 (Q₅) ของฝั่ง Tag



รูปที่ 4.11 $V = 5 V_{pp}$, $f = 3.906 \text{ kHz}$ และ Bit Rate = 7.812 kBit/Sec

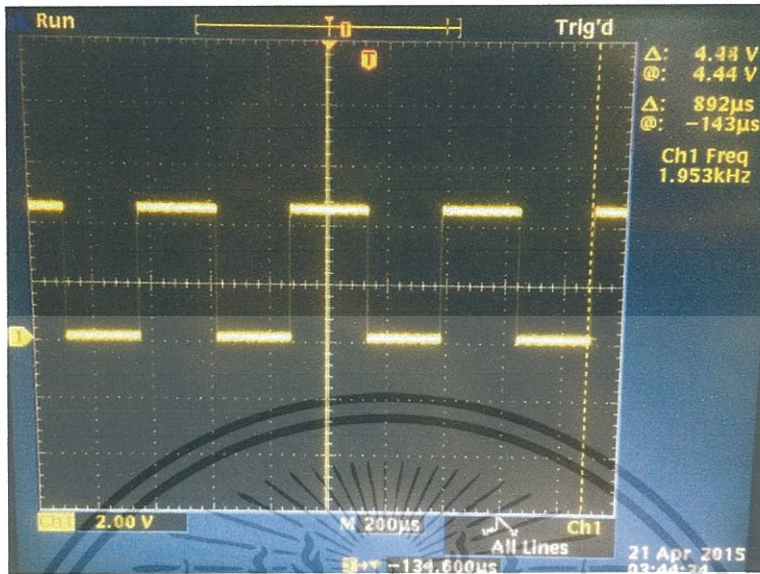
4.1.12 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 5 (ขา Q₅) ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.12 $V = 5 V_{pp}$, $f = 3.906 \text{ kHz}$ และ Bit Rate = 7.812 kBit/Sec

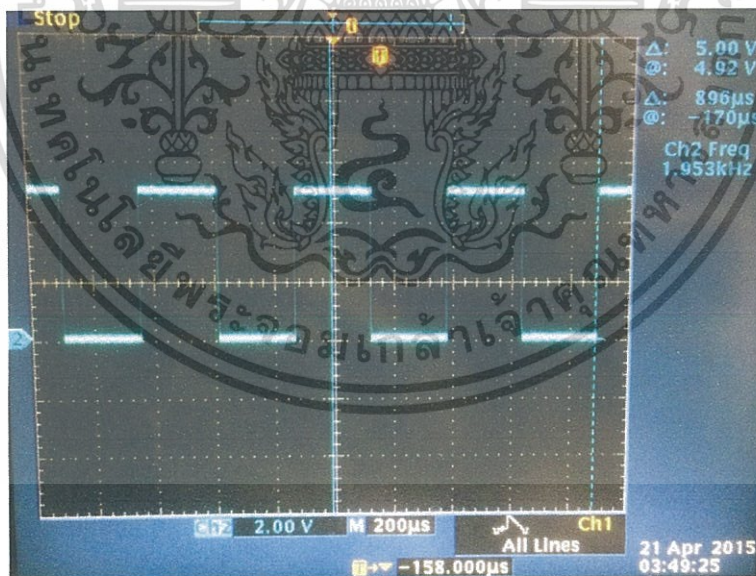
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.13 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 4 (Q₆) ของฝั่ง Tag



รูปที่ 4.13 $V = 5 V_{p-p}$, $f = 1.953 \text{ kHz}$ และ Bit Rate = 3.906 kBit/Sec

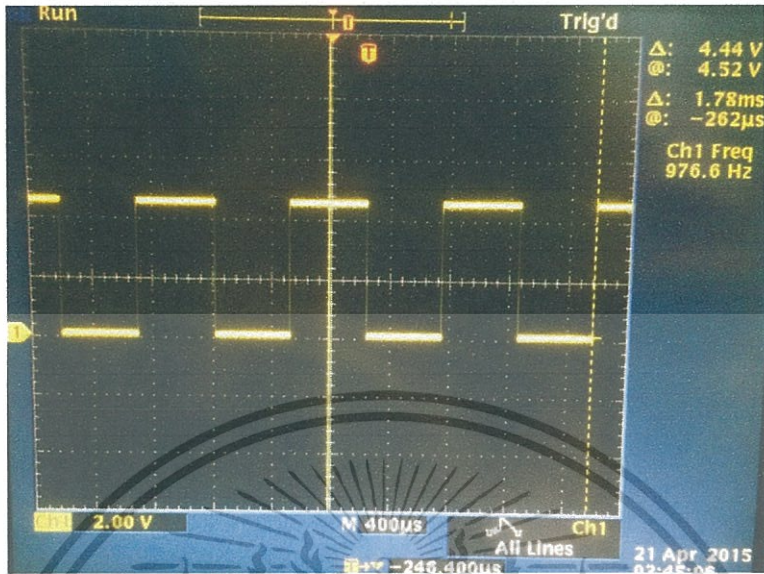
4.1.14 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 4 (ขา Q₆) ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.14 $V = 5 V_{p-p}$, $f = 1.953 \text{ kHz}$ และ Bit Rate = 3.906 kBit/Sec

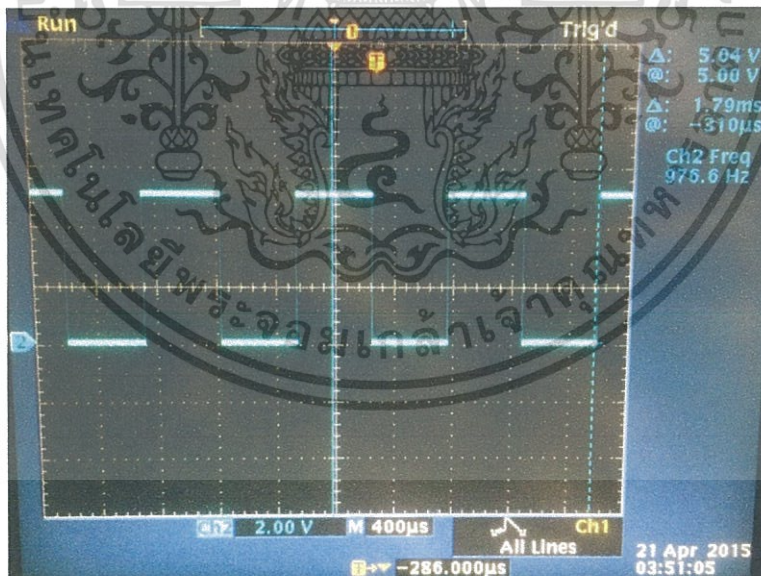
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.15 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา 6 (Q₇) ของฝั่ง Tag



รูปที่ 4.15 $V = 5 V_{p-p}$, $f = 976.6 \text{ Hz}$ และ Bit Rate = 1953.2 Bit/Sec

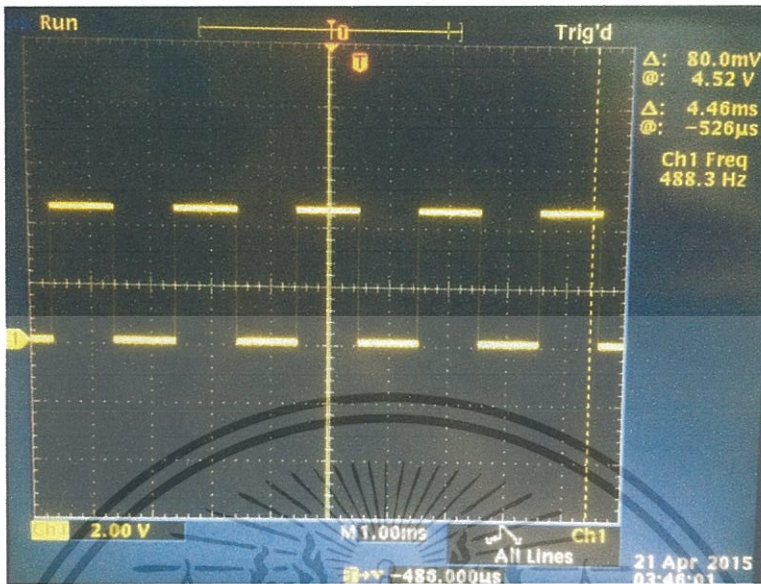
4.1.16 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 6 (ขา Q₇) ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.16 $V = 5 V_{p-p}$, $f = 976.6 \text{ Hz}$ และ Bit Rate = 1953.2 Bit/Sec

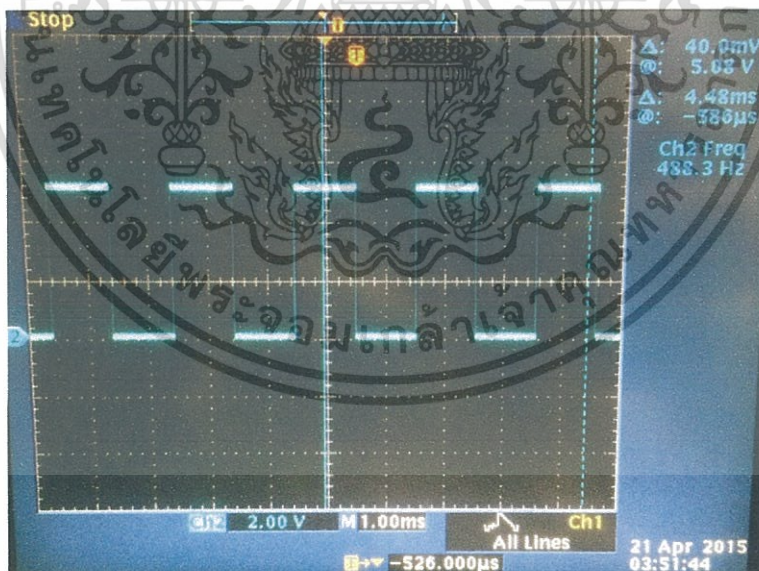
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.17 กราฟสัญญาณที่ได้จาก LM393 ขา 7 ที่ฝั่ง Reader โดยรับสัญญาณจาก CD4060 ขา14 (Q₈) ของฝั่ง Tag



รูปที่ 4.17 $V = 5 V_{p-p}$, $f = 488.3 \text{ Hz}$ และ Bit Rate = 976.6 Bit/Sec

4.1.18 กราฟสัญญาณที่ได้จาก CD4060 ขา 14 (ขา Q₈) ที่ฝั่ง Tag



รูปที่ 4.18 $V = 5 V_{p-p}$, $f = 488.3 \text{ Hz}$ และ Bit Rate = 976.6 Bit/Sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

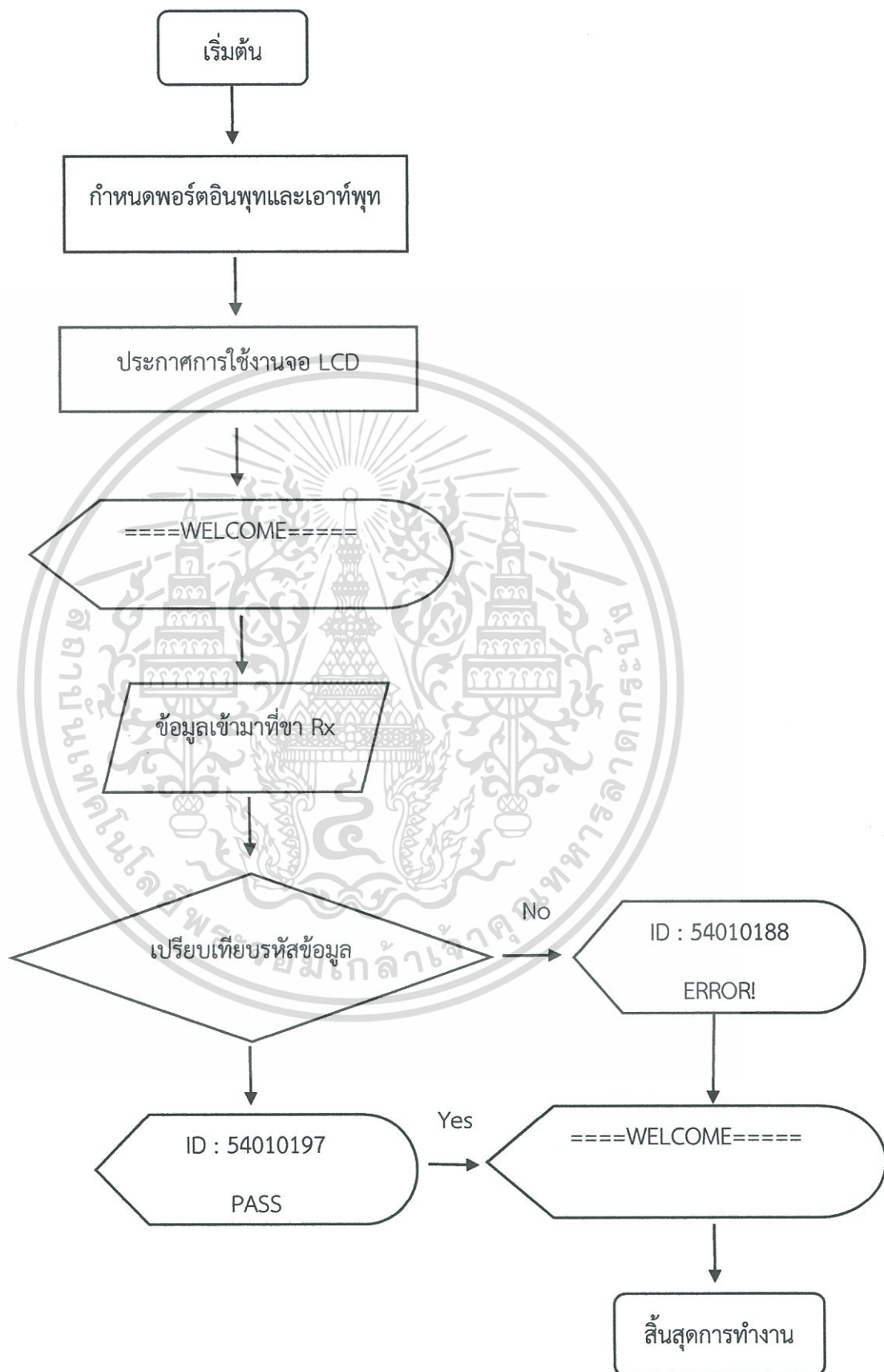
4.2 ผลการทดลองของการส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน (Reader) มายังเครื่องถูกข่าย (Tag) ในกรณีที่มีโหลด $R_L = 500 \Omega$

จำนวนรอบ ระยะทาง (ซม.)	14	16	18	20	22	24
0.5	8.13 V	8.70 V	9.03 V	9.16 V	9.36 V	9.30 V
1.0	8.18 V	8.74 V	9.06 V	9.20 V	9.34 V	9.28 V
1.5	8.14 V	8.71 V	9.03 V	9.15 V	9.22 V	9.18 V
2.0	8.00 V	8.55 V	8.86 V	8.98 V	8.90 V	8.89 V
2.5	7.64 V	8.23 V	8.52 V	8.64 V	8.49 V	8.45 V
3.0	7.10 V	7.82 V	8.00 V	8.12 V	7.96 V	7.79 V
3.5	6.57 V	7.26 V	7.43 V	7.54 V	7.30 V	7.18 V
4.0	6.03 V	6.67 V	6.78 V	6.94 V	6.62 V	6.51 V
4.5	5.50 V	6.09 V	6.19 V	6.32 V	6.02 V	5.87 V
5.0	4.89 V	5.38 V	5.55 V	5.67 V	5.37 V	5.09 V
5.5	4.34 V	4.92 V	5.00 V	5.10 V	4.83 V	4.72 V
6.0	3.85 V	4.37 V	4.50 V	4.58 V	4.30 V	4.15 V

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองของการส่งพลังงานจาก Reader มายัง Tag ในกรณีที่มีโหลด

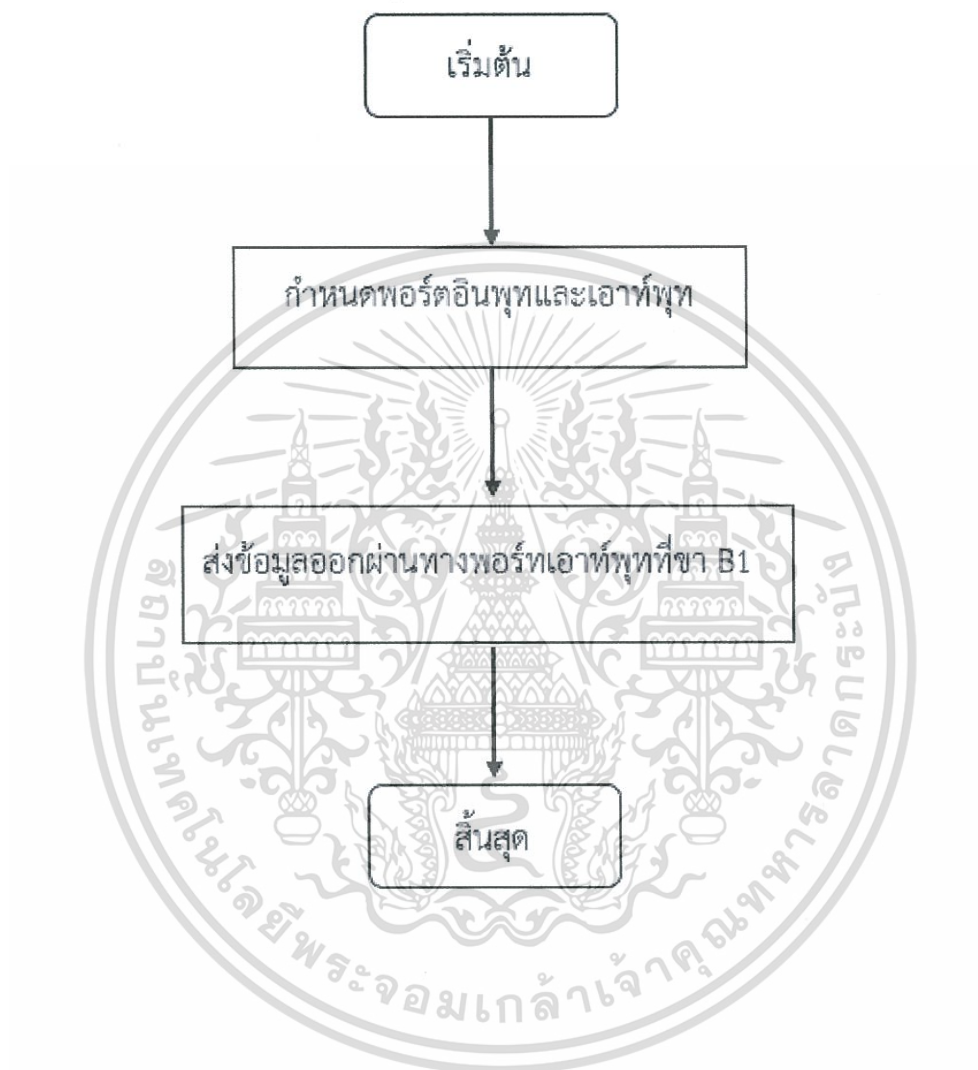
$R_L = 500 \Omega$

4.3 Flowchart ของReader



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 Flowchart ของ Tag

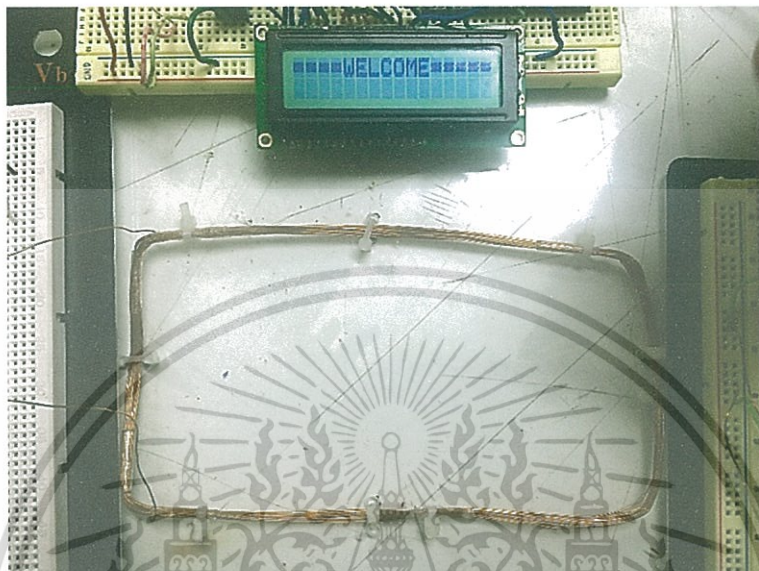


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการทดลองของจอแสดงผล

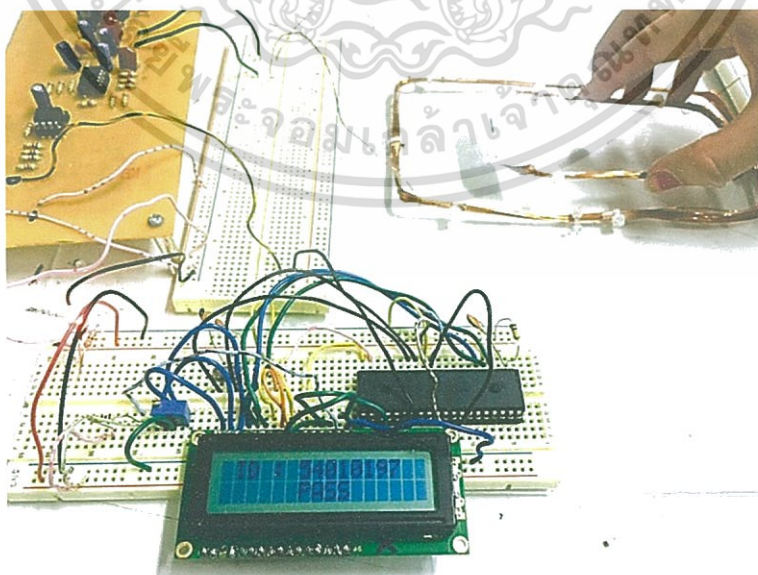
4.5.1 กรณีที่ข้อมูลตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ

4.5.1.1 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผลเริ่มต้น ปรากฏคำว่า “WELCOME”



รูปที่ 4.19 หน้าจอแสดงผลเริ่มต้นเมื่อวงจรมีการทำงาน

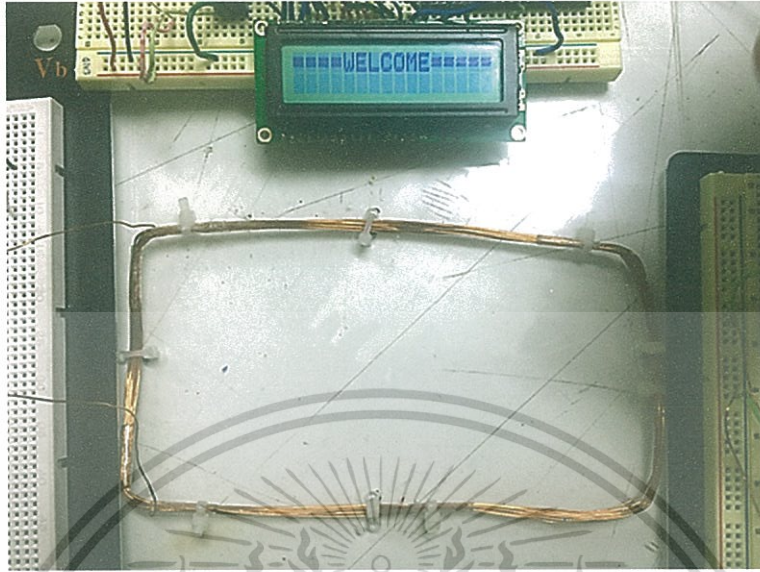
4.5.1.2 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อภาครับได้รับข้อมูลจากภาคส่ง ในกรณีที่ข้อมูลภาคส่งตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ จะปรากฏคำว่า “PASS”



รูปที่ 4.20 หน้าจอแสดงผลเมื่อมีการส่งผ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

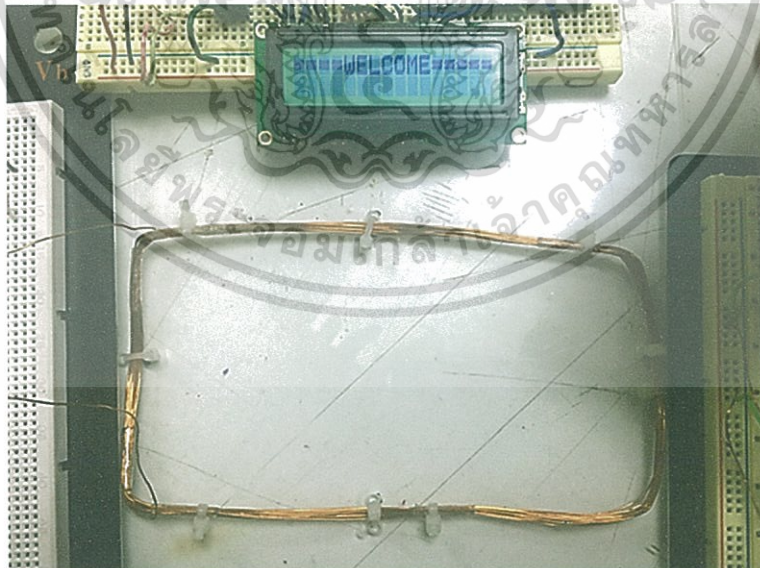
4.5.1.3 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อไม่มีการส่งผ่านข้อมูลจากภาครับ หน้าจอปรากฏเป็นข้อความเดิม



รูปที่ 4.21 หน้าจอแสดงผลเมื่อไม่มีการส่งผ่านข้อมูล

4.5.2 กรณีที่ข้อมูลไม่ตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ

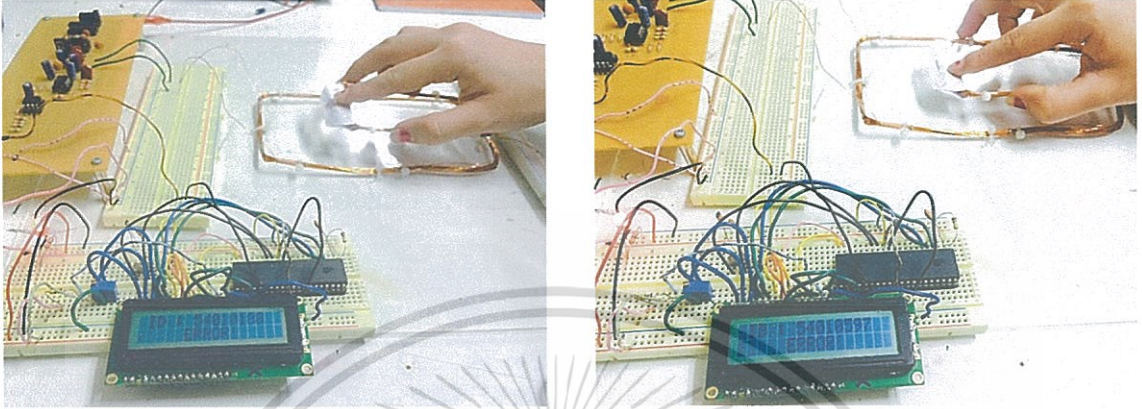
4.5.2.1 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผลเริ่มต้น ปรากฏคำว่า “WELCOME”



รูปที่ 4.22 หน้าจอแสดงผลเริ่มต้นเมื่อวงจรมีการทำงาน

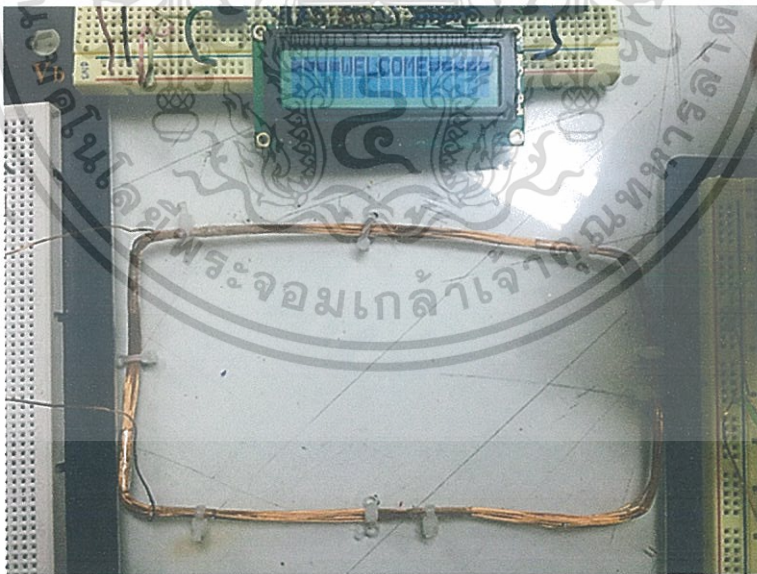
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2.2 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อภาครับได้รับข้อมูลจากภาคส่ง ในกรณีที่ข้อมูลภาคส่งไม่ตรงตามข้อมูลที่บันทึกไว้ในภาครับ จะปรากฏคำว่า “ERROR”



รูปที่ 4.23 หน้าจอแสดงผลเมื่อมีการส่งผ่านข้อมูล

4.5.2.3 ภาพผลการทดลองของจอแสดงผล เมื่อไม่มีการส่งผ่านข้อมูลจากภาครับ หน้าจอปรากฏเป็นข้อความเต็ม

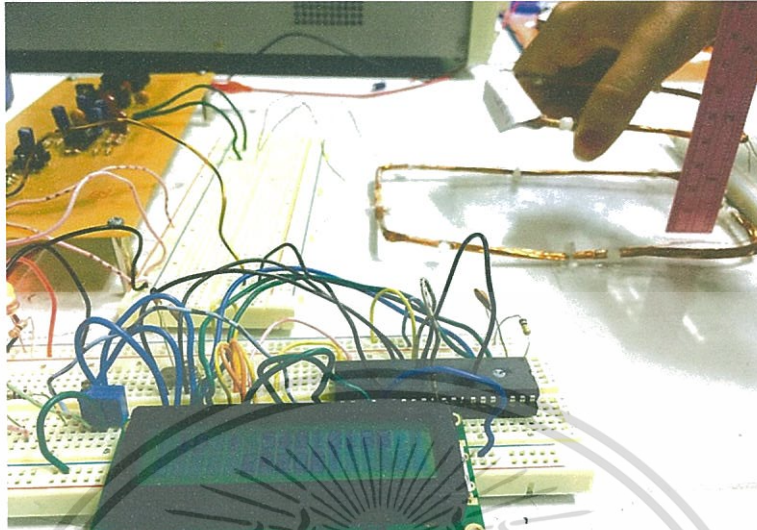


รูปที่ 4.24 หน้าจอแสดงผลเมื่อไม่มีการส่งผ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการทดลองระยะการรับส่งข้อมูล

4.6.1 ภาพผลการทดลองเมื่อนำขดลวดจากฝั่ง Tag ไปสัมผัสกับขดลวดที่ฝั่ง Reader



รูปที่ 4.25 ระยะทางการรับส่งข้อมูล มีระยะทางสูงสุด 4 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองเรื่อง RFID (Radio Frequency Identification) ที่ใช้ความถี่ในการสื่อสาร 125 kHz ซึ่ง DC Power Supply จะจ่ายแรงดัน 12 V ไปยังภาครับ ซึ่งภาครับนั้นจะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไปยังภาคส่งในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านทางขดลวด จำนวนรอบของขดลวดที่ใช้ในภาครับและภาคส่ง มีจำนวน 20 รอบ โดยภาครับและภาคส่งนั้นมีการส่งข้อมูลระหว่างกัน หากข้อมูลภาคส่งตรงตามข้อมูลในภาครับจะปรากฏคำว่า “PASS” หากข้อมูลภาคส่งนั้นไม่ตรงตามข้อมูลในภาครับ จะปรากฏคำว่า “ERROR” จากการทดลองการส่งข้อมูลระหว่างภาครับและภาคส่ง ระยะทางที่ไกลที่สุดที่ Tag สามารถทำงานได้ดีที่สุด คือมีค่าแรงดันสูงที่สุด อยู่ที่ระยะทาง 1 ซม. และสามารถรับส่งข้อมูลมีระยะทางไกลสุดที่ระยะทาง 4 ซม.

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากผลการทดลองที่ได้ การรับส่งข้อมูลระหว่างภาครับและภาคส่ง อาจเกิดความขัดข้องได้ จากการส่งผ่านพลังงานระหว่างอุปกรณ์
2. การคำนวณจำนวนรอบ และขนาดของตัวต้าน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุที่ได้ ไม่ตรงกับค่าอุปกรณ์ที่มีอยู่จริง จึงต้องมีการประยุกต์ และตัดแปลงอุปกรณ์ เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณมากที่สุด
3. ในวงจรความถี่สูง ในการต่อสายไฟหรือสายสัญญาณ ถ้าสายที่ใช้มีความยาวมากจะมีผลต่อการทำงานของวงจร เนื่องจากจะมีสัญญาณความถี่สูงรบกวนได้ รวมไปถึงการออกแบบลายวงจรที่ไม่ดีก็ย่อมมีผลต่อสัญญาณเช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/66436/INTERSIL/CD4060.html>
- [2] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/257558/wings/78L05.html>
- [3] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>
- [4] <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/KS/KSP10.pdf>
- [5] <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/BS/BS170.pdf>
- [6] <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/BD/BD135.pdf>
- [7] <http://www.bittek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/dosyalar/40/BD140.pdf>
- [8] ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39631a.pdf
- [9] ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39605F.pdf



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A

B

C

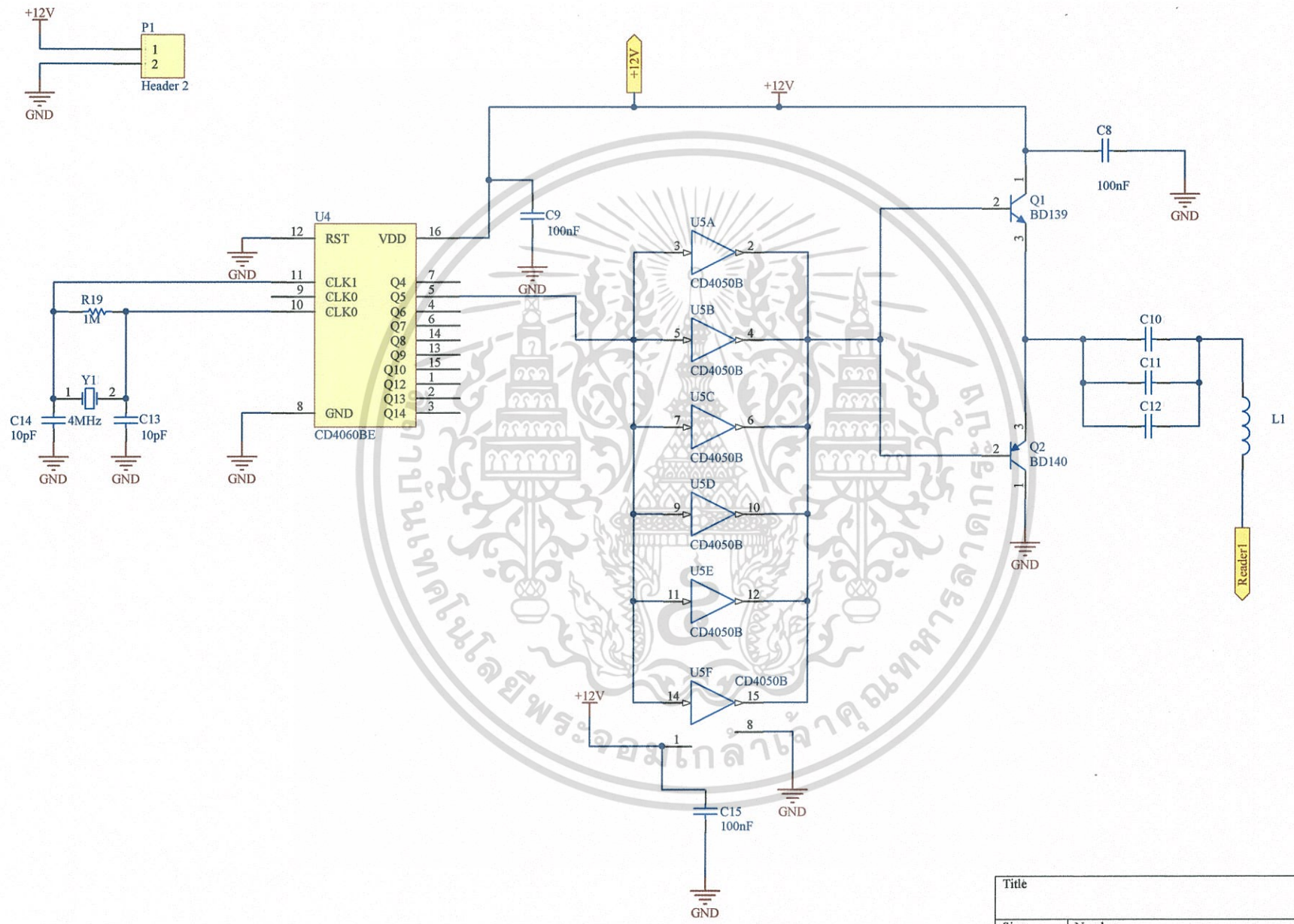
D

1

2

3

4



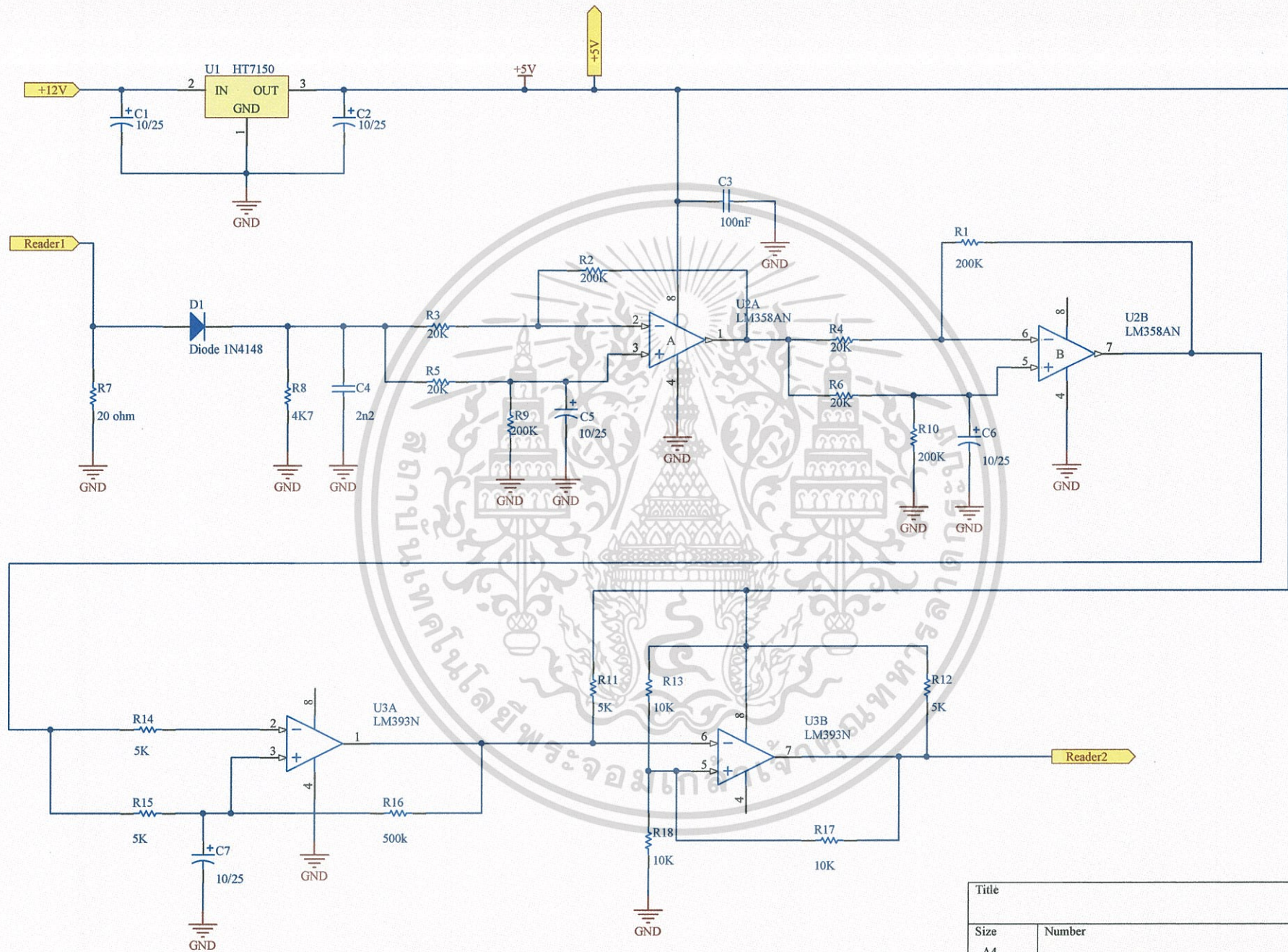
Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	17/4/2015	Sheet of
File:	C:\Users\...\Reader0.SchDoc	Drawn By:

1

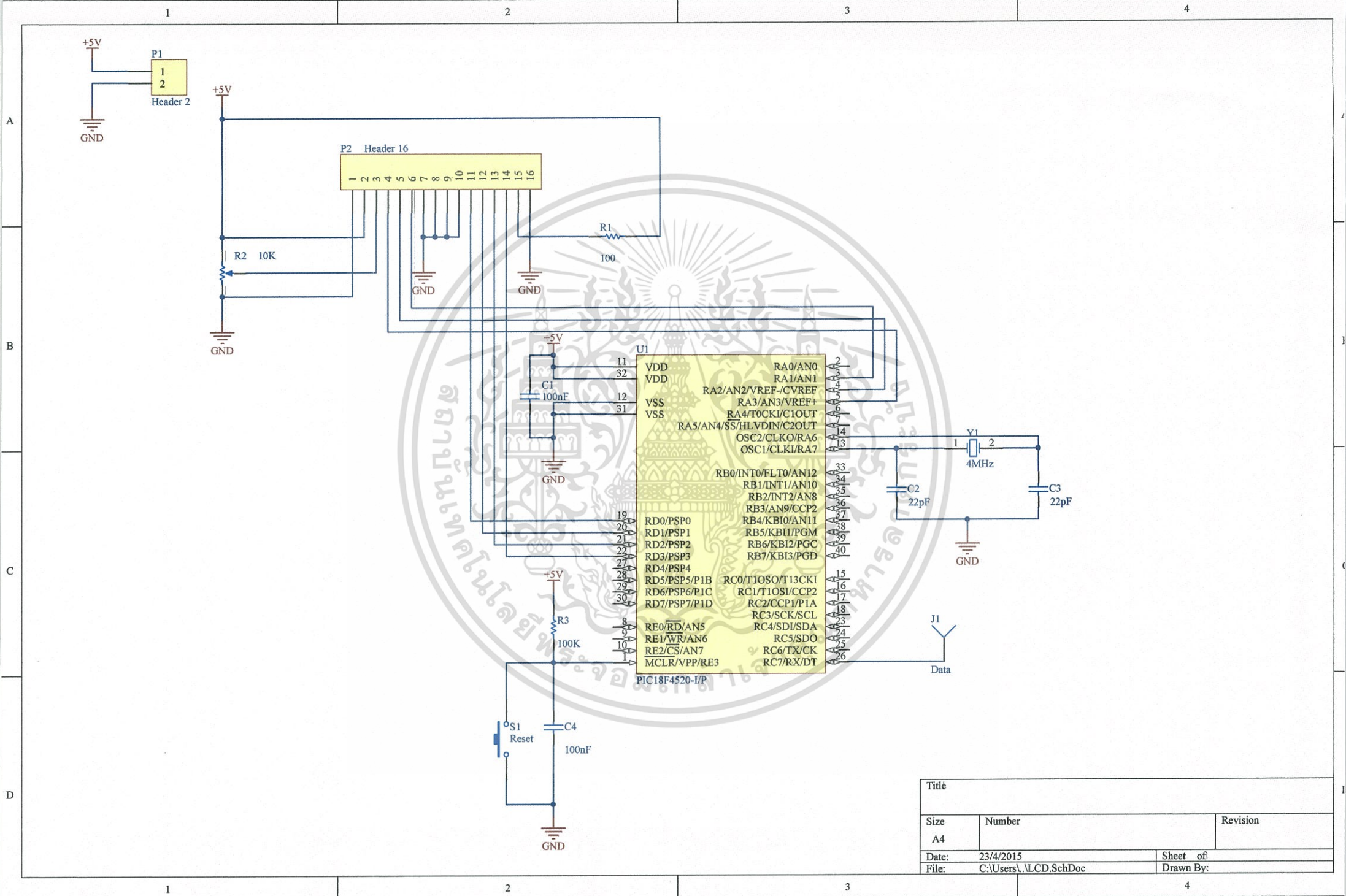
2

3

4



Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	23/4/2015	Sheet of
File:	C:\Users\...\Reader1.SchDoc	Drawn By:



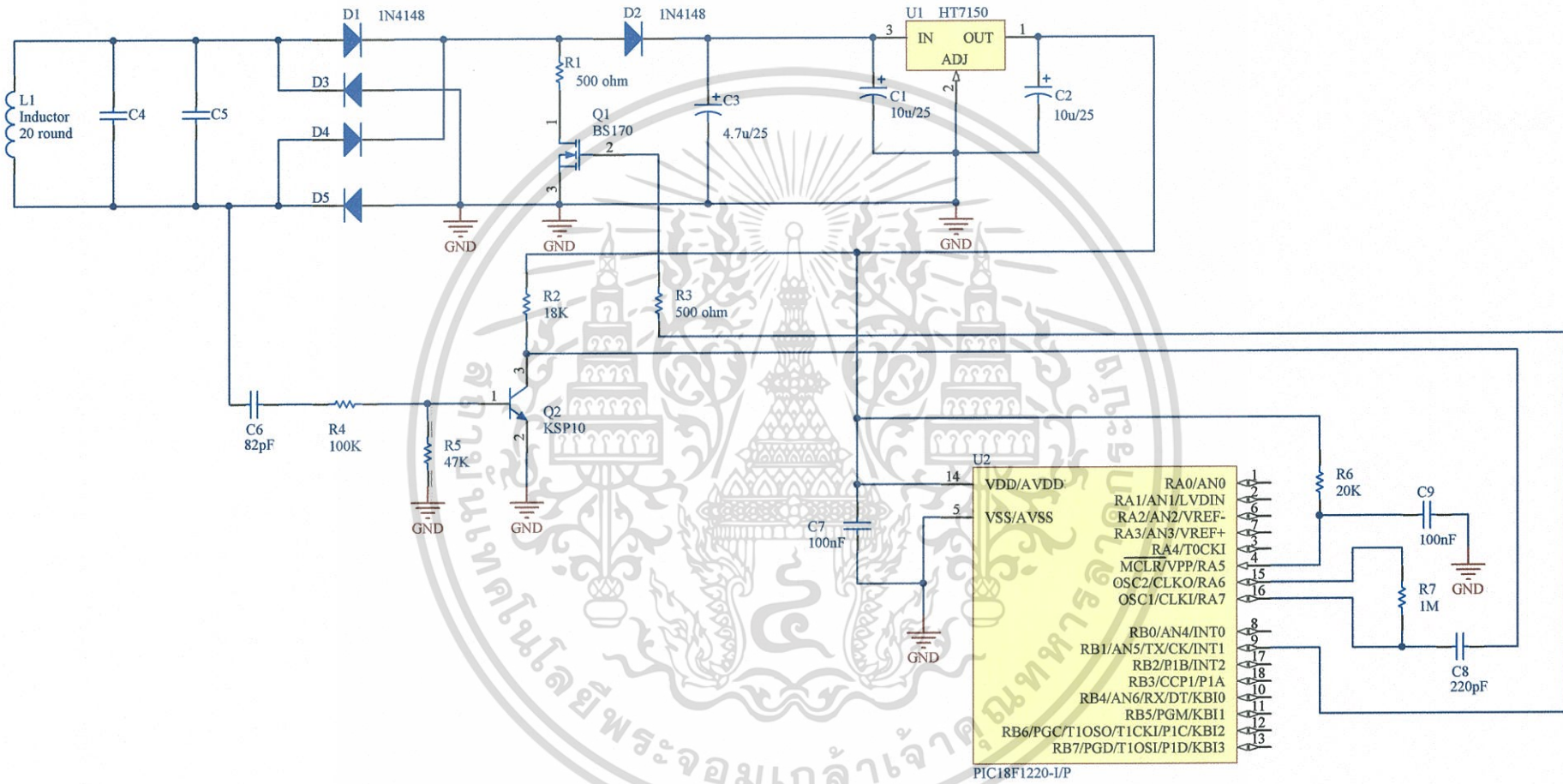
Title		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	23/4/2015	Sheet of
File:	C:\Users\...LCD.SchDoc	Drawn By:

A

B

C

D



Title

Size Number

Revision

Date: 22/4/2015

Sheet of

File: C:\Users\...tag1.SchDoc

Drawn By:

1

2

3

4

Code ของ Reader

```
#include <18F4520.H>

#include <string.h>

#use delay(clock = 4000000)

#fuses HS,NOLVP,NOPROTECT,NOWDT

#use rs232(baud=1800,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)
```

```
#include "lcd.c"
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
    SET_TRIS_C(0x80);
```

```
    lcd_init();
```

```
    int a;
```

```
    long timeout = 0;
```

```
    const int idlength = 9;
```

```
    char id[idlength];
```

```
    char id_jane[] = "#54010197";
```

```
    lcd_putc("\f====WELCOME====");
```

```
    lcd_putc("\n          ");
```

```
    while(true)
```

```
    {
```

```
        timeout = 0;
```

```
        while(!kbhit())
```

```
        {
```

```
            if (++timeout < 10000)
```

```
            {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        delay_us(100);
    }
    else
    {
        break;
    }
}

if (kbhit())
{
    id[0] = getch();
    if (id[0] == '#')
    {
        for (a = 1 ; a < idlength ; a++)
        {
            id[a] = getch();
        }

        if (strcmp(id,id_jane) == 0)
        {
            lcd_putc("\f ID : ");

            for (a = 1 ; a < idlength ; a++)
            {
                lcd_putc(id[a]);
            }
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        lcd_putc("\n  PASS");
    }
    else
    {
        lcd_putc("\f ID : ");
        for (a = 1 ; a < idlength ; a++)
        {
            lcd_putc(id[a]);
        }
        lcd_putc("\n  ERROR!");
    }
}
else
{
    lcd_putc("\f====WELCOME====");
    lcd_putc("\n");
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code ของ Tag

```
#include<18F1220.h>

#fuses LP,NOPROTECT,NOLVP,NOWDT

#use delay(clock=125000)

#use rs232(baud=1800,xmit=PIN_B1)

void main()

{

    SET_TRIS_B(0x00);

    delay_ms(500);

    while(true)

    {

        putc('&');

        putc('&');

        putc('&');

        putc('&');

        putc('&');

        putc('&');

        putc('#');

        putc('5');

        putc('4');

        putc('0');

        putc('1');

        putc('0');

        putc('1');

        putc('8');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        putc('8');  
    delay_ms(20);  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้