สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

RFID

Radio Frequency Identification

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี 11 ก.ค. 2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b.1194954
i.....

RFID

Radio Frequency Identification

โดย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFITION)

จัดทำโดย

1.นาย

2.นาย

.....

วรรณะ)

กษา

เทคโนโลยี RFID

โดย นายพิชาชาญ รัตตัญญู รหัส 47015177
นายเอกลักษณ์ แซ่มชื่น รหัส 47015198
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ประภากร สุวรรณะ
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยี RFID ได้รับความนิยมในการใช้งานในแวดวงต่างๆอย่างกว้างขวางอัน
เป็นผลมาจาก รูปแบบการใช้
งาน ในลักษ ป Auto ID
(Automatic Ic งารถ แก้ไขได้
อยู่ นั่นคือ กา สึกหรอ ทำให้
เกิดความเสียห งานใช้ย่าน
LF(Low Freg ประยุกต์ใช้งาน
ในการส่งข้อมู โครงงานนี้เน้น
การศึกษา การ งข้อมูลเพื่อให้
เป็นประโยชน์ ในการใช้งาน

Radio Frequency Identification

Mr. Pichachar Ruttunyoo ID.47015177

Mr. Akkluk Chamchuen ID.47015198

Mr. Prapakorn Suwanna Advisor

Educattion Year 2007

ABSTRECT

Now e and capacity in transfering om other Automatic Id 're a problem which can no hem will be limited becau cy at 125 kH_z with PIC Mic Transponder and Reader. T nder and Trans fering-Receiv a

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดีนั้น ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ประภากร สุวรรณะที่ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้กับทางคณะผู้จัดทำทั้งในอดีตและปัจจุบัน รวมทั้งผู้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์ตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้ที่เป็นแรงบันดาลใจอันสำคัญยิ่ง รวมถึงกำลังใจที่ได้รั ให้คณะผู้จัดทำมีความมานะ มา ณ. ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

ABSTRECT

กิตติมากรรมประกาศ

สารบัญรูปภาพ

สารบัญตาราง

บทที่1 บทนำ 1

1

1

1

1

บทที่ 2

2

3

3

3

4

4

4

4

4

2.1.2.5 เครื่องลูกข่ายแบบพวงกุญแจ 4

2.1.2.6 เครื่องลูกข่ายแบบนาฬิกา 5

2.1.2.7 เครื่องลูกข่ายมาตรฐาน ID-1 และ Smartcard แบบไร้การสัมผัส 5

2.1.2.8 เครื่องลูกข่ายแบบ Smart label 5

2.1.2.9 เครื่องลูกข่ายแบบขดลวดบนชิป์ 5

2.2เครื่องอ่าน 5

2.3 คุณลักษณะของอุปกรณ์ระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุ 6

สารบัญ (ต่อ) **หน้า**

2.3.1 ลักษณะการทำงาน 6

2.3.1.1 การรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex 6

2.3.1.2 การรับส่งข้อมูลแบบ Half Duplex 7

2.3.2 ขนาดข้อมูล 7

2.3.3 ความสามารถในการโปรแกรม 7

2.3.4 แหล่งพลังงาน 8

2.3.5 ย่านความถี่ใช้งาน 8

9

ing 10

ข่าย 10

น 12

12

13

ะ 14

15

15

16

17

17

2.6.2 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน 18

2.7 เทคโนโลยี Electrical Coupling 19

2.7.1 การส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน 19

2.7.2 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน 20

2.7.3 การส่งข้อมูลจากเครื่องอ่านไปสู่เครื่องลูกข่าย 20

2.8 เครื่องลูกข่ายที่ใช้การสื่อสารแบบ Sequential 21

2.8.1 เทคโนโลยี Inductive Coupling การส่งพลังงานจาก
เครื่องอ่าน 21

สารบัญ (ต่อ) **หน้า**

2.8.1.1 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายัง
เครื่องอ่าน 23

2.9 เครื่องลูกข่ายแบบ Surface Acoustic Wave 24

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 24

3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 24

3.1.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายใน
PIC16F877 25

26

26

27

28

29

29

29

31

31

เบบ

33

35

3.3.3.5 พอร์ต E จะมีทั้งหมด 3 ขา 35

บทที่ 4 การมอดูเลทสัญญาณแบบดิจิตอล 36

4.1 บทนำ 36

4.2 การมอดูเลทสัญญาณดิจิตอล 36

4.2.1 การมอดูเลทดิจิตอลทางขนาด 36

4.2.2 การมอดูเลทดิจิตอลทางเฟส 37

4.2.3 การมอดูเลทดิจิตอลทางความถี่ 38

สารบัญ (ต่อ) **หน้า**

4.2.3.1 ชนิดที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระบบ
ฟูลดูเพล็กซ์ 39

4.2.3.2 ชนิดที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระบบ
ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ 40

4.3 วงจรเรโซแนนซ์ ค่าประสิทธิภาพ Q และแบนด์วิดท์ 41

4.3.1 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน 41

4.3.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม 44

45

46

บทที่ 47

47

48

48

49

49

บทที่ 53

53

53

56

63

65

บทที่ 7 การทดลอง และ สรุปผล 70

7.1 การทดลอง ในส่วนของเพาเวอร์แอมป์ 125kH 70

7.2 การทดลอง Tag Voltage Regulator 73

7.3 การทดลองส่งผ่านกำลังจาก Reader TO TAG 75

สรุปผลการทดลอง 77

ภาคผนวก

หนังสืออ้างอิง

สารบัญรูปภาพ **หน้า**

รูปที่ 2.1 ความแตกต่างของการสื่อสารแบบ Full Duplex และ Half Duplex 7

รูปที่ 2.2 การเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กระหว่างเครื่องอ่านกับเครื่องลูกข่าย เป็นการรับพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องอ่าน 10

รูปที่ 2.3 สัญญาณข้อมูลที่ถูกบรรจุอยู่ในไซด์แบนด์ของความถี่พื้นฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่าน กับเครื่องลูกข่าย RFID 13

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างวงจรที่ใช้สำหรับเทคนิคการส่งสัญญาณแบบ Load Modulation with Sub (14

รูปที่ 2.5 แสด ทคโนโลยี Modu 16

รูปที่ 2.6 แสด oling กับ เครื่อ 18

รูปที่ 2.7 แสด 19

รูปที่ 3.1 สถา 27

รูปที่ 3.2 แสด 28

รูปที่ 3.3 บล็อ 30

รูปที่ 3.4 บล็อ 30

รูปที่ 3.5 บล็ 31

รูปที่ 3.6 บล็อ 32

รูปที่ 3.7 บล็อ 34

รูปที่ 3.8 บลอ 35

รูปที่ 4.1 แสดงรูปการมอดูเลทดิจิตอลทางขนาด 37

รูปที่ 4.2 แสดงการมอดูเลทดิจิตอลทางเฟส 37

รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณในแบบ BPSK 38

รูปที่ 4.4 แสดงการมอดูเลททางดิจิตอล 39

รูปที่ 4.5 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดูเลทแบบ FSK ในการส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ 39

รูปที่ 4.6 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดูเลทแบบ FSK 40

รูปที่ 4.7 แสดงการประมาณค่าความกว้างแถบของแบบ FSK 40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ) **หน้า**

รูปที่ 4.8 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน 42

รูปที่ 4.9 แสดงวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม 44

รูปที่ 4.10 ค่าประสิทธิภาพกับรูปแบบการมอดูเลต 46

รูปที่ 5.1 Reader Coil Driver/ Moldulator 47

รูปที่ 5.2 วงจรDemodulator 48

รูปที่ 5.3 วงจรรวมของ Tag ก่อนที่จะส่งไปยังภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ 48

รูปที่ 5.4 SQ 49

รูปที่ 7.1 แสด 70

รูปที่ 7.2 ภาพ 71

รูปที่ 7.3 ภาพ 71

รูปที่ 7.4 รูปล ได้

จาก 72

รูปที่ 7.5 รูปล ได้

จาก 72

รูปที่ 7.6 แสด 73

รูปที่ 7.7 แส 75

รูปที่ 7.8 สัญ 75

ธนบุรี เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญตาราง **หน้า**

ตารางที่ 3.1 ฟังก์ชั่นของพอร์ต A 31

ตารางที่ 3.2 ฟังก์ชั่นของพอร์ต B 33

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชั่นของพอร์ต C 34

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิ์ภาพในการพันขดลวดโดยจำนวนรอบที่แตกต่างกัน 52

ตารางที่ 7.1 R3 =15KΩ 73

ตารางที่ 7.2 R3 เป็น LM 334 73

ตารางที่ 7.3 ที่ 74

ตารางที่ 7.4 ที่ 74

ตารางที่ 7.5 ค่ 76

บทที่ 1
บทนำ

1.1ความเป็นมา

เทคโนโลยี RFID หรือในชื่อเต็มว่า Radio Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีที่มีการผสมผสานศาสตร์ทางด้านวิศวรรมไฟฟ้าหลาย ๆ ประการเข้าด้วยกัน ว่าจะเป็นการสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุ, การส่งพลังงานผ่านคลื่นวิทยุโดยใช้เทคโนโลยีของเรดาห์ , เทคโนโลยีโทรคมนาคม ซึ่งผลที่ได้ทำเกิดนวัตกรรมใหม่ทางเทคโนโลยีสำหรับการแสดงตัวตนโดยไม่ใช้การสัมผัส ที่พลิกโฉมสังค ทุกภาคธุรกิจทั่วโลก

1.2 วัตถุประ

1. เพื่
2. เพื่ ification)

1.3 ผลที่คาด

1.สา
2.เพิ่
3. สา
4. เค
5. ไม่
6. มีค

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถรับและแสดงข้อมูล ออกมาจากเครื่องอ่านได้
2. ส่งถ่ายกำลังงานไปยังเครื่องลูกข่าย โดยที่เครื่องลูกข่ายสามารถทำงานได้
3.เครื่องลูกข่ายสามารถทำงานได้ในระยะใกล้ๆ ประมาณ 0-5 เซนติเมตร

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ระบบแสดงตัวตนผ่านทางทางคลื่นวิทยุ (RFID) ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นระบบแสดงตัวตนผ่านของวัตถุ ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ที่ได้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปีค.ศ. 1980 เพื่อวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้งานแทนระบบบาร์โค้ด (Barcode) โดยจุดเด่นของระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุ ก็อยู่ตรงการอ่านข้อมูลจากเครื่องลูกข่าย (Tag) ได้หลายๆ เครื่องลูกข่ายแบบไร้สัมผัส และสามารถ อ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทกและสามารถจะอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในเคร

2.1 ส่วนประ

ในระ ...วยกัน ส่วน แรกคือเครื่อง ...กข้อมูล เกี่ยวกับวัตถุชิ ...มูลภายใน เครื่องลูกข่าย ...ล เพื่อให้เห็น ภาพชัดเจน เค ...ดกับฉลาก ของสินค้าและ ...ค้ด (Scanner)โดย ...จะใช้คลื่น ความถี่วิทยุใ ...ยข้อเสียของ ระบบบาร์โค้ ...หัสแห่งที่ไม่มี อะไรปกปิดห ...ได้ที่ละชิ้น ในระยะใกล้ๆ ...ื่องลูกข่ายได้ โดยไม่ต้องเห็นเครื่องลูกข่าย หรือเครื่องลูกข่ายนั้นซ้อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในเส้นตรงกับคลื่น เพียง อยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านเครื่องลูกข่ายในระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุยังสามารถอ่านได้หลายๆ เครื่องลูกข่ายในเวลาเดียวกัน

2.1.1 เครื่องลูกข่าย

โครงสร้างภายในของเครื่องลูกข่ายจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ขดลวดขนาดเล็ก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ(Antenna)สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานป้อน ให้ส่วนของไมโครชิฟ (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุเช่นรหัสสินค้า โดยทั่วไปตัว เครื่อง ลูกข่ายอาจอยู่ในชนิดทั้งเป็น กระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำเอาไปติด และมีหลายรูปแบบ เช่น ขนาดเท่าบัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล เป็นต้น แต่โดยหลักการอาจแบ่งเครื่องลูกข่าย ที่มีใช้งานกันอยู่นั้นจะมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ โดยแต่ละชนิดก็จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของการใช้งาน ราคา โครงสร้างและ หลักการทำงา

นาดเล็ก เพื่อ
ป้อนพลังงาน เการทำงาน
ทั่วไปทั้งอ่านเ ให้เครื่องลูก
ข่ายชนิดแอ็กที เนาเท็กซ์ไป
ทิ้งไม่สามารถ ม่สามารถ
เปลี่ยนแบตเต ระแสไฟ
น้อยๆ ก็อาจจะ ความจำภายใน
ขนาดใหญ่ได้ มตร ซึ่งไกล
กว่าเครื่องลูกข แม้เครื่องลูก
ข่ายชนิดนี้จะม มีขนาด
ค่อนข้างใหญ่ .....

2.1.1.2 เครื่องลูกข่ายชนิดพาสซีฟ (Passive Tag)

จะไม่มีแบตเตอรี่อยู่ภายในหรือไม่จำเป็นต้องรับแหล่งจ่ายไฟใด ๆ เพราะจะ ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวอ่านข้อมูล (มีวงจร กำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กอยู่ในตัว)หรือที่เรียกว่าอุปกรณ์ Transceiver จึงทำให้เครื่องลูกข่ายชนิดพาส ซีฟมีน้ำหนักเบาและเล็กกว่าเครื่องลูกข่ายชนิดแอ็กทีฟ ราคาถูกกว่า และมีอายุการใช้งานไม่จำกัด แต่ข้อเสียก็คือระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุดเพียง 1.5 เมตร ซึ่งเป็นระยะ การอ่านที่สั้น มีหน่วยความจำขนาดเล็กซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 32 ถึง 128 บิต และตัวเครื่องอ่าน

ข้อมูลจะต้องมีความไวและกำลังที่สูง นอกจากนี้เครื่องลูกข่ายชนิดพาสซีฟมักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่มีสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงอีกด้วย แต่ข้อได้เปรียบในเรื่องราคาต่อหน่วยที่ต่ำกว่าเครื่องลูกข่ายชนิดแอ็กทีฟและอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าทำให้เครื่องลูกข่ายชนิดพาสซีฟนี้เป็นที่นิยมมากกว่าไอซีของเครื่องลูกข่ายชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แท่งหรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ ไปจนถึงขนาดใหญ่จนสะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน

2.1.2 ประเภทของเครื่องลูกข่าย RFID

อุปกร[illegible]นปัจจุบัน โดยแยกกล่าวตาม[illegible]างประเภทของการประยุ[illegible]

2[illegible]

[illegible]เละมีการเคลือบป้องกัน[illegible]ไม่กี่มิลลิเมตรไปจนถึง 10 เ[illegible]

2[illegible]

เ[illegible]งของสัตว์เพื่อใช้ในการติดต[illegible]ตัวกระเปาะแก้วมีขนาดค[illegible]

2[illegible]

[illegible]าขึ้นสำหรับใช้ในกิจการอุ[illegible]บบนี้มีขนาดบางและสามารถนำไปติดตั้งประกอบกับผลิตภัณฑ์หลายๆ ประเภทที่พบเห็นทั่วไปก็คือการนำเครื่องลูกข่ายแบบ PP ติดตั้งฝังอยู่กับพวงกุญแจรถยนต์ในลักษณะของพวงกุญแจอัจฉริยะ (Electronic immobilization system)

2.1.2.4 เครื่องลูกข่ายสำหรับใช้เฉพาะกิจ

เป็นเครื่องลูกข่าย RFID อีกประเภทหนึ่งที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษ สำหรับใช้งานในกรณีเฉพาะกิจ โดยมีการคิดค้นและพัฒนาเพื่อบรรจุเครื่องลูกข่ายลงในโครงสร้างและหน้าสัมผัสที่เป็นโลหะ

2.1.2.5 เครื่องลูกข่ายแบบพวงกุญแจ (Key and Key fob)

เครื่องลูกข่าย RFID สามารถได้รับการพัฒนาให้อยู่ในรูปของกุญแจพิเศษที่ใช้ในการเปิดปิดประตู หรือใช้กับระบบรักษาความปลอดภัยต่างๆ ซึ่งพวงกุญแจอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนี้ไม่มีลูกกุญแจ แต่กลับทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ ซึ่งอาจมีการนำเข้ารหัสเพื่อใช้ในการยืนยันตัวตนบุคคล

2.1.2.6 เครื่องลูกข่ายแบบนาฬิกา

เครื่องลูกข่ายแบบนาฬิกาได้รับการคิดค้นและพัฒนาตั้งแต่ พ.ศ. 2533-2535 โดยบริษัทสัญชาติออสเตรียที่มีชื่อว่า Sky-Data โดยผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นนาฬิกาสวมใส่ข้อมือและใช้เป็นอุปกรณ์แสดงตัวตนในลักษณะช่องเซ็นเซอร์แบบไร้การสัมผัส (Contact less sensor) เพื่อผ่านเข้าสู่ลู่เล่นสกีสำหร

ตร โทรศัพท์ทั่วไป โดยมีข เครื่องลูกข่ายที่ได้รับการนำ ญญาณที่เหนือกว่าเครื่อ ร ทำให้สามารถจัดวา

2 เ สามารถงอหรือทบได้ โด ความหนาเพียง 0.1 มิลลิ นี้จะถูกเคลือบชั้นหนึ่งโดยเยื่

2 แ มีการแยกส่วนระหว่างเครื่องลูกข่ายกับขดลวดหรือสายอากาศอย่างชัดเจน แต่สำหรับเครื่องลูกข่ายแบบขดลวดบนชิปนั้นจะรวมส่วนที่เป็นขดลวดสายอากาศและตัววงจรประมวลผลเข้าด้วยกัน

2.2เครื่องอ่าน (Reader)

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือการเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในเครื่องลูกข่ายด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ ภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย เสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับ ส่งสัญญาณภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ และวงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปเครื่องอ่านจะประกอบ

ด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

- ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ
- ภาคสร้างสัญญาณพาหะ
- ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ
- วงจรจูนสัญญาณ
- หน่วยประมวลผลข้อมูล และภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์

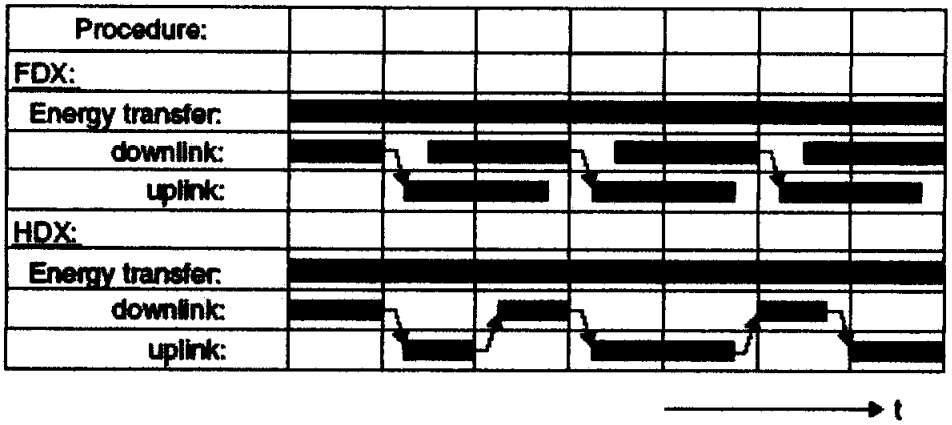
โดยทั่วไปหน่วยประมวลข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่องอ่านมักใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอัลกอริทึมที่อยู่ภายในโปรแกรม จะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล(Decoding) ที่ได้รับ และทำหน้าที่ติดต่อกับคอม ตามประเภท ของการใช้งา Gate size)

2.3 คุณลักษณ

2.3.1

อุปกร sponder) หรือ เครื่องอ่าน (Re แบบ Full Duplex (FDX)

นการส่ง พลังงานไฟฟ้า วย และ เนื่องจากความ ทำให้มี แนวโน้มว่าสั บกวนปะปน อยู่ด้วย เมื่อเทีย องตนเองทำ ให้ส่งสัญญาณออกมาได้สูงกว่าดังนั้นจึงต้องมีมาตรการในการสร้างความแตกต่างของสัญญาณคลื่นวิทยุที่มีการส่งออกมาจากเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่อง ให้มีเอกลักษณ์ (Identity) ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เครื่องอ่านสามารถแยกแยะแหล่งที่มาได้อย่างถูกต้อง โดยใช้มอดูเลตสัญญาณแบบ Load Modulation ซึ่งการสื่อสารแบบ Full Duplex เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณที่สามารถตรวจจับและแปลงเป็นกำลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องลูกข่ายได้ตลอดเวลา การส่งสัญญาณจากเครื่องอ่านไปยังเครื่องลูกข่าย (Downlink) และการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายกับมายังเครื่องอ่าน (Uplink) สามารถกระทำขึ้นเมื่อใดก็ได้ไม่จำเป็นต้องรอจังหวะในการส่งไปกลับแต่อย่างใด ดังรูปที่ 2.1



duplex

ไปให้กับ

เครื่องลูกข่ายต nk) และการ

ส่งข้อมูลจากแ ีดการรับส่ง

ข้อมูลระหว่าง

2.3.2

โดยที่ มเรียกกันว่า

ขนาดความจุข้ ตัวอย่าง

เครื่องลูกข่าย I (1-bit

transponder) ซึ่ ใช้งานเพียง

เพื่อการแจ้งสถานะภาพเท่านั้น

2.3.3 ความสามารถในการโปรแกรม (Programmable)

การจำแนกประเภทของเครื่องลูกข่าย RFID ตามขีดความสามารถในการโปรแกรมข้อมูล สามารถแบ่งออกได้เป็นเครื่องลูกข่ายที่ไม่สามารถโปรแกรมได้ ซึ่งภายในจะมีการเขียนข้อมูลที่อาจเป็นรหัสเลขหมายใดๆ ตามที่ได้รับคำสั่งจ้างทำมาตั้งแต่สายการผลิตและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ อีกประเภทหนึ่งเป็นเครื่องลูกข่าย RFID ที่สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลผ่านทางเครื่อง

อ่านได้ การจัดการลำดับคำสั่ง (Sequence) ในกรณีของเครื่องลูกข่ายที่สามารถโปรแกรมได้นั้น ก็มีเทคนิคที่ใช้ในการจัดการประมวลผลข้อมูลให้เลือกพิจารณาเป็นเรื่องทางเทคนิค

2.3.4 แหล่งพลังงาน (Power supply)

เป็นคุณสมบัติทางเทคนิคที่มีความสำคัญมากในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องลูกข่าย RFID ทั้งนี้สามารถจำแนกประเภทของเครื่องลูกข่ายออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบพาสซีฟ (Passive transponder) ซึ่งเป็นเครื่องลูกข่ายที่ไม่ต้องการแหล่งจ่ายไฟบรรจุไว้ภายในตัว แต่จะอาศัยการแปลงสัญญาณพลังงานไฟฟ้าที่ส่งมาจากเครื่องอ่านมาเป็นไฟเลี้ยงเพียงอย่างเดียว กับอีกประเภทหนึ่ง คือ แบบแอกตีฟ (ช้ป้อนจ่าย ให้กับชิปประ

2.3.5

ความ เจะหมายถึง คลื่นความถี่วิท จะส่งคลื่น ความถี่ในย่าน มมาเป็น ค่าความถี่เดียว รมอดูเลต สัญญาณแบบ ระสำคัญใน การนำมาพิจา ในวิทยุ จะอยู่ ในย่านความถี่ รใช้งานในเชิง อุตสาหกรรม ที่ใช้งานใน การสื่อสาร โ มผ่านทาง คลื่นวิทยุแบ่งย

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

ในแง่การใช้งาน2ย่านความถี่แรกจะเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะใกล้ (LFระยะอ่านประมาณ 10-20 เซนติเมตร และ HF ระยะอ่านประมาณ 1 เมตร) เช่น การตรวจสอบการผ่านเข้าออกพื้นที่ การตรวจหาและเก็บประวัติในสัตว์ ส่วนย่าน UHF จะถูกใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล(UHF ระยะอ่านประมาณ 1-10 เมตร) เช่น ระบบเก็บค่าบริการทางด่วน และในปัจจุบันระบบ RFID กำลังถูกวิจัยและพัฒนาในย่านความถี่ไมโครเวฟที่

ความถี่ 2.4 GHz และความถี่ 5.8 GHz เพื่อใช้งานที่ต้องการระยะอ่านที่ไกลกว่า 10 เมตรเป็นต้นไป แง่ของราคาและความเร็วในการสื่อสารข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้วระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุ ซึ่งใช้คลื่นพาหะย่านความถี่สูงเป็นระบบที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุด และมีราคาแพงที่สุด ด้วยเช่นกัน ส่วนระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุที่ใช้คลื่นพาหะในอีก 2 ย่านความถี่แรกจะมี ระดับราคาและความเร็วลดหลั่นกันไป

2.3.6 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องอ่าน

โดยมากมักจะใช้วิธีการมอดูเลตทางแอมปลิจูดหรือใช้การมอดูเลตทางแอมปลิจูดบวกกับ การเข้ารหัสแ ข่ายที่ใช้การ มอดูเลตแบบ SK) ฟรีเควนซี่ ซีฟดีย์อิ้ง (Fre ency Modulation :) งอ่าน จะได้ อย่างมีประสิ เช่น เมื่อ ความถี่ใช้งาน สมก็คือ 22.12 เมตร แน่นอน เครื่องลูกข่าย ขนาดเล็กได้ า ศที่เป็น ขดลวดขนาด agnetic dipole Antenna) รูป แกนอากาศ หรือแกนเฟอร์ ป็นลูปแบบ วงกลมและสี่ หะและ ประเภทของง แหล่งจ่ายไฟ ให้กับเครื่องลู งแรงดัน เหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดขึ้นจากเส้นแรงแม่เหล็ก (จากเครื่องอ่าน) ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Time-varying magnetic field) พุ่งผ่านสายอากาศของเครื่องลูกข่าย เมื่อเครื่องลูกข่ายและเครื่องอ่าน ตั้งอยู่ห่างกันในระยะ 0.16 เท่าของความยาวของคลื่นพาหะที่ใช้ เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า Transformer-type Coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น ระหว่างขดลวดปฐมภูมิ (Primary) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) ในทรานส์ฟอร์เมอร์ (Transformer) จะเป็นวงจรพื้นฐานสำหรับอธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในการส่งข้อมูลของเครื่องลูกข่าย

2.4เทคโนโลยี RFID ที่ใช้การสื่อสารแบบ Inductive Coupling

เป็นมาตรฐานที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำทางคลื่นแม่เหล็ก โครงสร้างของเครื่องลูกข่าย ประกอบไปด้วยแผงวงจรหรือชิปที่เก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ โดยมีขดลวดพื้นที่กว้างทำหน้าที่เป็นสายอากาศสำหรับรับและส่งสัญญาณ

รูปที่ ...การรับ

2.4.1 ...

เนื่อง... ...) คือไม่มี แหล่งพลังงาน ...องอ่าน โดยตรง ด้วย... ...ที่เป็น เครื่องส่งทั้งข้... ...กำลังสูง สามารถแพร่ก... ...สายอากาศ ของเครื่องลูกข่ายได้อย่างเหมาะสม ประกอบทั้งความยาวคลื่นของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งกระจายออกมาจากเครื่องอ่านนั้นมีค่ามากกว่าระยะห่างระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องอ่าน ซึ่งโดยทั่วไปวางห่างกันในหลักไม่มากนัก

เทคโนโลยี RFID แบบ Inductive Coupling ส่วนใหญ่ใช้ความถี่ต่ำเพียง 125 kHz หรืออาจจะต่ำกว่า ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีความยาวคลื่นสูงมากถึง 2,400 เมตร จึงไม่มีปัญหาในเรื่องของความยาวคลื่นที่สั้นเกินไปจนเกิดปรากฏการณ์เลี้ยวเบนหรือถูกลดทอนจากผนังอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ หากพิจารณาถึงพื้นที่ใช้งานโดยทั่วไปที่มิได้ไกลหรือกว้างมากนัก

สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะตกกระทบขดลวดสายอากาศของเครื่องลูกข่าย ก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขนาดอ่อนๆ ขึ้นบนขดลวด ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกนำไปเข้ากระบวนการเร็กติไฟร์ โดยตัวเก็บประจุและไดโอดเพื่อกรองให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับป้อนให้กับอุปกรณ์ชิป การออกแบบอยู่ที่การเลือกค่าของตัวเก็บประจุ C1 ซึ่งจะต้องมีค่าสัมพันธ์กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด L เพื่อให้สามารถกำหนดค่าความถี่กำทอน (Resonant frequency) ที่ตรงกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกมาจากเครื่องอ่าน เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องลูกข่าย เปรียบเทียบการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าระหว่างขดลวดทั้งสองในรูปที่ 2.4 จะเทียบได้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขดลวด 2 ชุด แต่ขดลวดทั้งสองมิได้พันอยู่บนแกนแม่เหล็กเดียวกัน กลายเป็นใช้อ ๆ

ดังนั้น ายทอด

พลังงานให้มา จำนวนรอบ

ของขดลวดที่ ะห่าง

ระหว่างเครื่อง

เมื่อค งใช้สำหรับ

ขดลวดสายอา ลดลงเช่นกัน

ตัวอย่างเช่น ห รื่องลูกข่าย

ในช่วง 100-1, ลดจำนวน

รอบของขดลว อุปกรณ์เครื่อง

ลูกข่ายลงได้ แม่เหล็กไฟฟ้า

ในย่านความถี่ นการใช้งาน

มากขึ้น การเลื กข่ายและ

ระยะทางที่ต้อ สมของ

อุปกรณ์ใช้งาน

สิ่งที่พึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบ RFID แบบ Inductive Coupling ก็คือพฤติกรรมการกินกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ชิปที่ติดตั้งอยู่บนเครื่องลูกข่าย เนื่องจากค่อนข้างมีความหลากหลายและสัมพันธ์กับรูปแบบในการนำไปประยุกต์ใช้งาน การเลือกค่าความถี่พื้นฐานในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่านกับเครื่องลูกข่ายระยะทางพื้นที่ใช้งาน และขนาดของอุปกรณ์อันเนื่องมาจากจำนวนรอบของขดลวดสายอากาศ จึงจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับประเภทของการใช้งานอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2.4.2 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน

มาตรฐาน RFID แบบ Inductive Coupling กำหนดรูปแบบการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน หรือ Uplink Communication โดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นการส่งกระจายคลื่นความถี่วิทยุคือ Load Modulation จะมีหลักการทำงานดังนี้

2.4.2.1 เทคโนโลยี Load Modulation

พฤติกรรมในการส่งพลังงานและสัญญาณระหว่างขดลวดของเครื่องอ่านและขดลวดของเครื่องลูกข่ายมีแบบจำลองที่ไม่ต่างจากการทำงานของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าแต่อย่างใด หากแต่เพียงตัวกลางที่ใช้ในการถ่ายทอดพลังงานเป็นอากาศไม่ใช่โลหะหรือแท่งแม่เหล็กดังเช่นที่พบเห็นในห หว่างขดลวด
ทั้งสองนั้น จะ ห่างกันไม่
เกิน 0.16 เท่าข ที่มีความยาว
คลื่น 2,400 เม ยะทางไม่เกิน
0.16 คูณ 2,40(

จุ (LC)
ตรงกันกับค่า ะจ่ายสัญญาณ
คลื่นแม่เหล็กไ การเหนี่ยวนำ
เพื่อสร้างแรงดั งวงจรไฟฟ้า
แล้ว เครื่องอ่า บ ZT ต่อพ่วง
อยู่กับขดลวดเ หยุดส่ง
พลังงานจากเค ย่างแน่นอน
เนื่องจากในแง่ เครื่องลูกข่าย
ย่อมมีค่าอิมพีแดนซ์เปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ที่ตกกระทบ และไม่มีการจ่ายพลังงานก็เทียบเท่ากับความถี่เท่ากับศูนย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์เสมือน ZT นี้ย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดสายอากาศของเครื่องอ่านโดยปริยาย ซึ่งเป็นสัญญาณแจ้งให้เครื่องอ่านทราบว่ากำลังจะมีการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมา เรียกเทคโนโลยีนี้ว่า Load Modulation ส่วนจะประยุกต์ใช้งานส่งข้อมูลแบบ Half Duplex หรือ Full Duplex นั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจรตรวจจับและถอดรหัสสัญญาณซึ่งเป็นเรื่องที่ลงรายละเอียดไปในการออกแบบ

2.4.2.2เทคโนโลยี Load Modulation with subcarrier

เนื่องจากระดับการความสามารถในการถ่ายทอด (Coupling) สัญญาณระหว่างขดลวดสายอากาศของเครื่องลูกข่าย และเครื่องอ่านค่อนข้างต่ำ การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันสัญญาณ ที่เกิดขึ้นบนขดลวดของเครื่องอ่าน อันมีผลมาจากการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่าย ย่อมอยู่ในระดับที่ต่ำมากๆจนบางครั้งอาจไม่สามารถตรวจจับได้ เป็นผลให้เกิดปัญหา ในการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน หากคิดในแง่ของการออกแบบ วงจรเพื่อตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็ต้องกล่าวว่า สัญญาณดังกล่าวมีระดับความแตกต่าง ระหว่างตัวสัญญาณจริงกับสัญญาณรบกวนต่ำมาก การใช้เทคโนโลยี Load Modulation โดยทั่วไปย่อมมีโอกาสตรวจจับข้อมูลได้ผิดพ J Load Modulation w ายในเครื่องลูกข่าย จะทำ งเดียงอันมีค่าเท่ากับ $f_T \pm f_$ ลูกข่าย ซึ่งมีรายละเอียดดัง

ระดับความ

0 dB

-80 dB

ากเครื่องอ่าน
ายอากาศ
ำนการมอดูเลตแบบ
tion

f_S = 212 KH_Z

ความถี่

รูปที่ 2.3 สัญญาณข้อมูลที่ถูกบรรจุอยู่ในไซด์แบนด์ของความถี่พื้นฐานที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องอ่าน กับเครื่องลูกข่าย RFID

เมื่อเป็นเช่นนี้ การตรวจจับสัญญาณที่ปรากฏบนเครื่องอ่านก็จะง่ายดายขึ้น โดยเพียงแต่ทำการติดตั้งอุปกรณ์แยกกรองความถี่ (Band pass filter) ที่ขดลวดของเครื่องอ่านโดยสามารถเลือกเฉพาะสัญญาณในไซด์แบนด์ด้านใดด้านหนึ่งที่ต้องการ จากนั้นจึงนำสัญญาณที่กรองออกมาทำการขยายแล้วทำการดีมอดูเลตก็จะได้สัญญาณข้อมูลที่ส่งออกมาจากเครื่องลูกข่าย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความถี่ในการส่งข้อมูล จากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน ทำให้ต้องมีการกันแบนด์วิดธ์

สำหรับการรับส่งข้อมูลไว้ค่อนข้างสูง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4 ซึ่งต้องกันแบนด์วิดธ์รอบความถี่พื้นฐานมากถึง 212 กิโลเฮิรตซ์ ทำให้ไม่สามารถใช้เทคโนโลยีนี้ ได้กับ ระบบ RFID ที่ใช้ความถี่ต่ำในการสื่อสารข้อมูลได้ ข้อกำหนดมาตรฐาน RFID ระบุว่าสามารถใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ได้เฉพาะกับมาตรฐาน RFID แบบ Inductive Coupling ที่ความถี่ 6.78 MH_z , 13.56MH_z และ 27.125 MH_z เท่านั้น รูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างวงจรจริงที่ใช้ในการ สร้างสัญญาณ ไซด์แบนด์ บนอุปกรณ์เครื่องลูกข่าย

รูปที่ 2.4 ตัวอ ı Sub carrier
ติดตั้

2.4.2.3 เทคโนโลยี Subharmonic Procedure

เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในกรณีที่ใช้งานระบบ RFID ในย่านความถี่ต่ำ และไม่สามารถนำเทคโนโลยี Load Modulation with subcarrier มาใช้งานได้ เทคโนโลยีเป็นการนำสัญญาณข้อมูลที่เครื่องลูกข่ายต้องการส่งกลับไปยังเครื่องอ่านมาทำการป้อนผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อทำให้เกิดการกระจายสัญญาณออกเป็นสัญญาณฮาร์โมนิกย่อยๆ หรืออาจใช้การป้อนกลับสัญญาณที่ต้องการจะส่งออกไปผ่านยังวงจรหารความถี่เพื่อให้เกิดสัญญาณข้อมูลที่บรรจุข้อมูลข่าวสารเหมือนสัญญาณต้นฉบับ แต่มีความถี่ลดลง 2 เท่า จึงนำสัญญาณใหม่ที่มีความถี่ต่ำลงนี้ไปผ่านเข้าสู่วงจรภาคมอดูเลตสัญญาณ เพื่อป้อนเข้าสู่ขดลวดของเครื่องลูกข่าย ให้มีการส่งผ่านอากาศ

กลับไปยังเครื่องอ่าน โดยทั่วไปแล้วมักนิยมใช้เทคโนโลยี Subharmonic Procedure กับระบบ RFIDที่ย่านความถี่ 128 KHz ซึ่งย่อมหมายความว่าเครื่องลูกข่ายชนิดนี้จะส่งสัญญาณข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่านที่ความถี่ครึ่งหนึ่งคือ 64 KHz การแยกแยะสัญญาณจากเครื่องลูกข่ายกับแรงดันไฟฟ้าที่ล้วนปรากฏขึ้นที่ขดลวดสายอากาศของเครื่องรับสามารถทำได้ง่าย โดยการใช้วงจรแยกกรองความถี่เช่นเดียวกับในกรณีของเทคโนโลยี Load Modulation with subcarrier

2.5 เทคโนโลยี Electromagnetic backscatter Coupling

เริ่มต้นจากการพิจารณาสมการอธิบายพฤติกรรมการแพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุ โดยสมมติให้ตัวกลางในเ หรือ free space path loss r ระหว่างสายอากาศของ กข่าย อัตราขยายกำลั ปนี้

aF = -

เมื่อนำสมการด งาน ได้โดยปกติต้อ ทำหน้าที่ กรองแรงดันไ รภาพในการ กรองไฟ (หมา เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำงานในย่ งดันไฟฟ้า ของเครื่องลูกข่ กฏอยู่ที่ สายอากาศของ หาค่า พลังงานที่จะต้ ต์ เป็นอย่าง น้อย ซึ่งการที่จ ขที่ว่าค่าการลดทอนสัญญาณของอากาศท เชเบนตวกลาง เมควรมคาเกนกวา 40 dB (คานวณจาก $P_s / P_e = 10 \log (10,000 / 1)$)

2.5.1 การส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน

การใช้คลื่นความถี่ย่านต่าง ๆ ในการรับส่งสัญญาณระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องอ่าน RFID นั้น มีข้อจำกัดในเรื่องระยะทาง ซึ่งจะต้องควบคุมมิให้ค่าการลดทอนสัญญาณของอากาศมีเกินกว่า 40 dB นั่นหมายความว่า หากใช้ความถี่ย่าน 868 MHz ระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องอ่าน RFID จะต้องไม่เกินกว่า 3 เมตร และหากใช้ความถี่สูงขึ้นเป็น 2.45 GHz ระยะทางก็จะลดลงเป็นไม่เกิน 1 เมตร ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่าเป็นเรื่องเสี่ยงมาก เนื่องจากมีการ

ประยุกต์ใช้งานระบบ RFID ที่ต้องการระยะห่างระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องรับมากกว่าค่าดังกล่าว

2.5.2 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน

เทคนิคที่ใช้ในการส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายกลับไปยังเครื่องอ่านในกรณีนี้จะใช้เทคโนโลยีที่มีชื่อว่า Modulated reflection cross-section ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเดียวกันกับที่ใช้ในวงการเรดาห์ ซึ่งโดยหลักการทั่วไปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งไปกระทบกับวัตถุต่าง ๆ จะสะท้อนกลับมายังเครื่องส่งได้ หากวัตถุนั้นมีขนาดใหญ่กว่าครึ่งหนึ่งของค่าความยาวคลื่น ส่วนที่ว่าจะสะท้อนได้ดีมากหรือไม่นั้น ขึ้น[illegible] ซึ่ง เกี่ยวข้องโดยตรงกับค[illegible]าศ ของเครื่องลูกข่ายนั่นเอ[illegible]

ธนานาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รูปที่ 2.5 แสดงหลักกา[illegible]ยี Modulated re[illegible]

รูปที่ 2.5 แสดงสามารถอธิบายเทคโนโลยีการส่งสัญญาณโดยใช้เทคโนโลยี Modulated reflection cross-section ได้เป็นอย่างดี สมมติให้เครื่องอ่านทำการส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ P1 ผ่านสายอากาศออกไปยังเครื่องลูกข่าย สัญญาณส่วนหนึ่งย่อมปรากฏและตกกระทบที่สายอากาศของเครื่องลูกข่าย สมมติว่ามีขนาดความแรง P1' สัญญาณดังกล่าวเป็นสัญญาณความถี่สูง (HF) และถูกนำไปผ่านกระบวนการกรองแรงดันโดยวงจรเร็กติไฟร์ด้วยไดโอด D1 และ D2 ซึ่งวงจรส่วนนี้เองที่ทำหน้าที่เป็นเหมือนสะพานไฟ สำหรับ "จ่าย" หรือ "หยุดจ่ายไฟ" ให้กับไมโครชิปในกรณีที่เครื่องลูกข่ายอยู่นอกพื้นที่ตรวจสอบ

สัญญาณ P1' ส่วนหนึ่งจะสะท้อนสายอากาศของเครื่องลูกข่ายกลับไป โดยอาจมีขนาดความ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แรงลดลง เรียกแทนว่าสัญญาณ P2 ซึ่งเครื่องลูกข่ายจะใช้สัญญาณนี้เองเป็นคลื่นพาหนะในการส่งข้อมูลข่าวสารจากไมโครชิปกลับไปยังเครื่องอ่าน โดยในทางปฏิบัติจะติดตั้งโหลด (RL) ไว้ขนานสายอากาศของเครื่องลูกข่าย เมื่อมีการส่งข้อมูล "0/1" จากไมโครชิปออกไป โหลด RL จะเปลี่ยนค่าไปตามลำข้อมูลและจะมีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของคลื่นสะท้อน P2 เปลี่ยนแปลงไปตามค่าข้อมูลไบนารีที่ต้องการส่งกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณ P2 นี้จะเดินทางย้อนผ่านอากาศเปิดกลับไปยังสายอากาศของเครื่องอ่านปรากฏเป็นสัญญาณ P2' สัญญาณที่ได้รับนี้จะถูกป้อนผ่านวงจรแยกทิศทางสัญญาณ (Directional Coupler) ที่เครื่องอ่านเพื่อป้อนเข้าสู่ภาครับของเครื่องอ่าน ทั้งนี้ค่าสัดส่วนระหว่างสัญญาณ P1/P2 นั้น ค่าสำคัญที่จะกำหนดความไวและความเที่ยงตรงในการส่งข้อมูลข่าวสาร โดยสามารถคำนวณไ

2.6 เทคโนโลยี Close

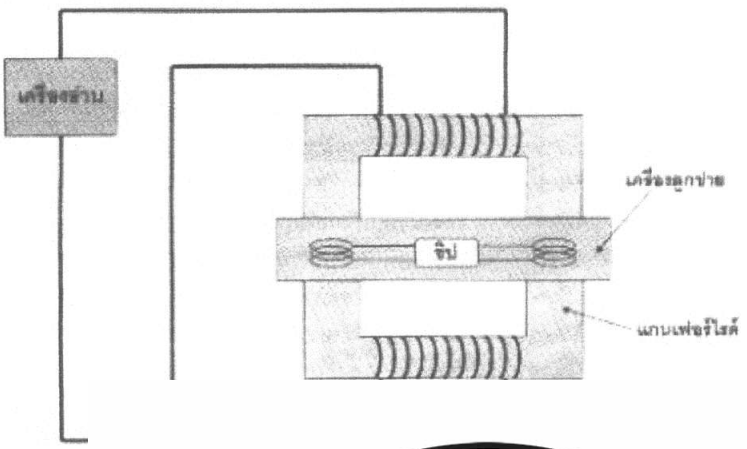
เป็นเทค โน โ ยะทาง
สั้น ๆ ช่วง 0.1 ถึง 1 เ น
ระบบรถไฟฟ้า MRT)
ลักษณะนี้ไปแตะหรือ บอาจมี
การเขียนอ่านข้อมูลว ่
มวลชนหรือไม่ ในทา

2.6.1 การส่ง

เมื่อมีการสอ บน
เครื่องอ่าน ในทางเทค เการ
โดยมีอากาศเป็นตัวก ดัง

แสดงในรูปที่ 4.6 ในกรณีนิขดลวดสายอากาศของเครื่องอ่านจะทำหน้าที่เป็นเสมือนขดลวดปฐมภูมิ ในขณะที่ขดลวดสายอากาศของเครื่องลูกข่ายจะเป็นดังเช่นขดลวดทุติยภูมิ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ภายในเครื่องอ่านจะมีการกำเนิดสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เพื่อป้อนผ่านขดลวดปฐมภูมิ ก่อให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงเหนี่ยวนำผ่านช่องว่างของอากาศไปทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นบนขดลวดทุติยภูมิบนเครื่องลูกข่าย ก่อให้เกิดการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่ไมโครชิป

82441



รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบ
เครื่องอ่าน

เนื่องจากระดั
โดยตรงกับความถี่ที่ใช้
นิยมกำหนดความถี่ใช้
ในย่าน1 ถึง 10 MHz น
ขดลวดของเครื่องอ่าน
ประเภทอื่นๆ และเนื่อ
แบบ Inductive Coupl
เทคโนโลยีแบบ Close
กำลังไฟฟ้าสูง ๆ เพื่อป
กินไฟมากถึง 10 มิลลิ

บัติจึง
ามถี่
น
สดุ
มโลยี
ื่อสาร
าร
ชิปที่
และ

ทางไฟฟ้าของแผ่นเครื่องลูกข่ายแบบก Close Coupling ไว้ตามมาตรฐาน ISO 10536

2.6.2 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน

ในการส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายแบบ Close Coupling มายังเครื่องอ่านนั้น สามารถทำได้สองวิธีด้วยกัน คือใช้เทคโนโลยี Load Modulation with subcarrier ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในกรณีมาตรฐานแบบ Inductive Coupling หรืออาจใช้เทคโนโลยี Capacitive Coupling ซึ่งอาศัยประโยชน์จากระยะห่างที่ค่อนข้างสั้นระหว่างขดลวดสายอากาศของเครื่องลูกข่ายและเครื่องอ่าน โดยมีการติดตั้งแผ่นตัวเก็บประจุ (Plate Capacitor) ทั้งที่บัตรพลาสติกบนเครื่องลูกข่าย และบนเครื่องอ่านในลักษณะที่ให้หน้าสัมผัสคัปปลิ้ง (Coupling Surface) ของทั้งเครื่องลูกข่ายและเครื่องอ่านอยู่ในแนวเดียวกัน

ในยามที่มีการสัมผัสหรือสอดเครื่องลูกข่ายเข้าไปในเครื่องอ่าน แล้วใช้การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าเป็นตัวส่งผ่านข้อมูลจากไมโครชิปบนเครื่องลูกข่ายผ่านสนามไฟฟ้าไปสู่เครื่องอ่าน

2.7 เทคโนโลยี Electrical Coupling

เป็นเทคโนโลยี RFID ชนิด Full Duplex/Half Duplex อีกประเภทหนึ่งที่ใช้หลักการสร้างสนามไฟฟ้า (Electric field) ขึ้นจากเครื่องอ่านแล้วใช้คุณสมบัติของสนามไฟฟ้าในระยะทางใกล้ๆ สายอากาศของเครื่องอ่าน ซึ่งออกแบบให้มีลักษณะเป็นแผ่นอิเล็กโทรดขนาดใหญ่ ในการสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เกิดขึ้น [illegible] เช่นเดียวกัน

รูปที่ 2.7 แส[illegible]

2.7.1 การส่งพลังงานจากเครื่องอ่าน

จากรูปที่ 4.7 เครื่องอ่านได้รับการออกแบบให้ต่อเชื่อมต่อสายอากาศที่มีลักษณะเป็นอิเล็กโทรดขนาดใหญ่ โดยทั่วไปมักทำจากแผ่นโลหะหรือแผ่นฟอยล์โลหะ จากนั้นจึงทำการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง เข้าสู่แผ่นอิเล็กโทรด เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของแผ่นอิเล็กโทรดที่มีค่าความเหนี่ยวนำภายใน (L) และค่าคาปาซิแตนท์ (เทียบได้กับตัวเก็บประจุ) ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดกับกราวนด์หรือพื้นโลก จึงทำให้เกิดวงจรเสมือนของแผ่นอิเล็กโทรดที่เทียบได้กับวงจร LC ซึ่งมีความถี่กำทอน (Resounant Frequency) เป็นคุณสมบัติประจำตัว หากทำการป้อนสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่ตรงกันกับความถี่กำทอนของแผ่นอิเล็กโทรด ก็จะทำให้แรงดันไฟฟ้า

ที่ปรากฏขึ้นบนแผ่นอิเล็กโทรดนั้นมีระดับสูงขึ้นมาก อันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เรโซแนนท์ ซึ่งเป้าหมายในการใช้งานจริง มักกำหนดให้แรงดันไฟฟ้าบนแผ่นอิเล็กโทรดเทียบกับกราวนด์มีค่าสูงตั้งแต่หลักร้อยถึงหลักพันไวลต์แรงดันดังกล่าว ก่อให้เกิดสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดกับกราวนด์ที่อยู่รอบ ๆ

เมื่อนำเครื่องลูกข่ายที่ได้รับการออกแบบให้มีสายอากาศ 2 ชุดเป็นแผ่นอิเล็กโทรดขนาดเล็กกว่า เข้ามาอยู่ในพื้นที่ใช้งานอันมีสนามไฟฟ้าจากเครื่องอ่านปรากฏอยู่ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดแผ่นบนและแผ่นส่งของเครื่องลูกข่ายดังแสดงในรูปที่ 4.7 ก่อให้เกิดกระแสไหลเวียนอยู่ภายในวงจรของเครื่องลูกข่ายเพื่อไปเลี้ยงให้กับไมโครชิป

2.7.2 การส่ง

เมื่อมีการนำ ผ่น
อิเล็กโทรดของเครื่อง ค่า
เปลี่ยนแปลงไปตามค่ R-T
ดังแสดงในรูปที่ 14 อ ส่ง
สัญญาณไบนารีที่เป็น นซ์
RMod ซึ่งจะทำให้พฤ เช่น
เมื่อเครื่องลูกข่ายต้องก ซึ่ง
ออกทำให้ค่าอินพุดอิ ค่า
RMod ในกรณีที่ต้องก ลง
ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้เ คนซ์นี้
โดยทำให้เกิดผลการเ องอ่าน
ซึ่งก็คือ สายอากาศภา ad
Modulation ประเภทหนึ่ง

2.7.3 การส่งข้อมูลจากเครื่องอ่านไปสู่เครื่องลูกข่าย

สำหรับเทคโนโลยี RFID แบบ Full Duplex/Half Duplex แต่ละประเภท สำหรับการส่งข้อมูลในทิศทาง Downlink จากเครื่องอ่านไปสู่เครื่องลูกข่ายนั้น จะใช้วิธีการเดียวกันทั้งสิ้น คือการมอดูเลตสัญญาณที่เครื่องอ่านต้องการส่งไปยังเครื่องลูกข่ายโดยตรง โดยไม่สนใจว่ารูปแบบการสื่อสารนั้นจะเป็นแบบ Full Duplex หรือ Half Duplex และไม่มีประเด็นเกี่ยวข้องกับความถี่ที่ใช้งานทั้งสิ้น สำหรับเทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการมอดูเลตสัญญาณในทิศทาง Downlink สามารถทำได้ทั้งแบบASK, FSK และ PSK แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดอันเนื่องมาจารกความง่ายและสะดวกในการ

ออกแบบวงจรควบคุมก็คือการมอดูเลตแบบ ASK

2.8 เครื่องลูกข่ายที่ใช้การสื่อสารแบบ Sequential

มาตรฐาน RFID อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลจำนวนมากกว่า 1 บิต แต่มีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างจากมาตรฐานแบบ Duplexing ที่ผู้เขียนกล่าวถึงไปในตอนที่แล้ว ก็คือมาตรฐานแบบ Sequential ซึ่งมีลักษณะการทำงานเฉพาะตัว กล่าวคือมีการกำหนดช่วงเวลาในการส่งทั้งข้อมูลและพลังงานจากเครื่องอ่านไปสู่เครื่องลูกข่ายแยกออกจากช่วงที่เครื่องลูกข่ายทำการส่งข้อมูลกลับมา ซึ่งหมายความว่าเครื่องลูกข่าย RFID ชนิดนี้จะต้องสามารถเก็บรักษาพลังงานไฟฟ้าไว้ภายในตัว เพื่อใช้สำห ำงาน ออกได้เป็น 2 ประเภ Transponder อันมีราย

2.8.1 เทคโน

อุปกรณ์เครื่อ บ การออกแบบให้ใช้งา คู่ (Coupled) ระหว่างขด นกับ หม้อแปลงไฟฟ้า ทำ ไฟฟ้า กระแสสลับที่ปรากฏ ใน แรงดันไฟฟ้ากระแส เนื่องจากเครื่องอ่านมี ้งงาน ตลอดเหมือนดังเช่นม ห้ สามารถเหนี่ยวนำพลั แบบค่า ของขดลวดสายอากาศสำหรับเครื่องลูกข่ายให้มีคุณภาพสูงสุด และเพื่อให้สะดวกในการปรับแต่งค่าตัวเก็บประจุในวงจรโซเนนท์ของเครื่องลูกข่ายให้ตรงกับความถี่ใช้งานที่สุด จึงนิยมออกแบบไมโครชิปบนเครื่องลูกข่ายให้มีค่าตัวเก็บประจุที่สามารถปรับแต่งได้ (On-chip Trimming Capacitor) ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานในทางปฏิบัติมากขึ้น

เนื่องจากหลักการทำงานของมาตรฐาน RFID แบบ Sequential ที่เครื่องลูกข่ายจะได้รับการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำผ่านทางคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องอ่านเฉพาะช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เท่านั้น พลังงานที่ได้รับทั้งหมดจะต้องถูกส่งไปประจุ (Charge up) ตัวเก็บประจุภายในวงจรของเครื่องลูกข่าย เพื่อสะสมพลังงานไว้ให้เพียงพอสำหรับใช้ป้อนให้กับวงจรการทำงานและไมโครชิปเพื่อทำงานในช่วงที่เครื่องลูกข่ายต้องส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่าน และเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ไม่มี

การป้อนพลังงานไฟฟ้ามาจากเครื่องอ่าน ดังนั้นไมโครชิปบนเครื่องลูกข่ายจึงต้องมีความสามารถในการปรับการทำงานเป็นแบบกินไฟน้อย (Stand-by) ในช่วงเวลาที่มีการรับพลังงานไฟฟ้าเหนี่ยวนำมาจากเครื่องอ่านและมีการประจุตัวเก็บประจุ หลังจากช่วงเวลาการเก็บประจุพลังงานผ่านไป ประกอบกับไม่มีการส่งพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องอ่านอีก ไมโครชิปก็จะปรับการทำงานมาเพื่อพร้อมส่งสัญญาณกลับไปยังเครื่องอ่าน สิ่งสำคัญในการออกแบบเครื่องลูกข่ายก็คือ การคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้เพียงพอสำหรับให้เครื่องลูกข่ายใช้ในระหว่างการส่งข้อมูล

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{It}{(V_{max} - V_{min})}$$

โดยที่ V_{max} แ ถ
ทำงานได้ I คือ กระแ เลาที่
เครื่องลูกข่ายใช้เพื่อก
โดยให้ I = 5 ไมโครแ รถ
คำนวณค่า C ที่ต้องใ
ความแตกต่า ใน
กรณีที่ใช้เทคโนโลยีแ าข่าย
ต่างทำการส่งความถี่วิ เลค
อิมพีแดนซ์ ซึ่งส่วนใ นเป็น
ศูนย์ในช่วงเริ่มต้นวงร
กำลังไฟฟ้า แต่ค่าอิมพ าคร่อม
วงจรเครื่องลูกข่าย มีค ุเก็บ
พลังงานไว้สูงสุด) ในจะเห็นได้ว่าแบบ Duplexing ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรเครื่องลูกข่าย
มีค่าอยู่ประมาณกึ่งกลางของอิมพีแดนซ์ตามแบบมาตรฐาน Sequential ที่มีการแปรเปลี่ยนค่าขึ้นลงตามวงรอบการทำงาน ส่งผลให้แรงดันสูงสุดที่พึงปรากฏบนวงจรเครื่องลูกข่ายตามมาตรฐาน Sequential สูงกว่าแบบมาตรฐาน Duplexing ประมาณ 2 เท่าด้วย ทั้งนี้ถือว่าการเปรียบเทียบนั้นเกิดขึ้นโดยใช้ค่า L และ C เดียวกันทุกประการ เพียงแต่เปลี่ยนรูปแบบการทำงานระหว่างแบบ Duplexing กับแบบ Sequential เท่านั้น

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่พึงเกิดขึ้นบนเครื่องลูกข่าย RFID แบบ Inductive Coupling มาตรฐาน Sequential จะมีมากกว่ามาตรฐาน Duplexing ส่งผลให้เกิดข้อได้เปรียบในเรื่องของกำลังส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุจากเครื่องลูกข่ายแบบ Sequential ที่ได้ระยะ

ทางไกลกว่าแบบ Duplexing อย่างไรก็ตามข้อได้เปรียบดังกล่าว ก็ต้องแลกมาด้วยความละเอียดอ่อนในการออกแบบ และเลือกใช้องค์ประกอบที่นำมาสร้างเป็นวงจรเครื่องลูกข่าย ไม่ว่าจะเป็นการเลือกประเภทของขดลวดสายอากาศ (L) และค่าตัวเก็บประจุ (C) ที่ใช้ทั้งเก็บแรงดันไฟฟ้า และทำงานร่วมกับขดลวด เพื่อเป็นวงจรโซแนนท์กำเนิดสัญญาณคลื่นวิทยุส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่าน

2.8.1.1 การส่งข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายมายังเครื่องอ่าน

การทำงานของวงจรไฟฟ้าบนเครื่องลูกข่าย RFID แบบ Inductive Coupling สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเว ลูกข่าย อันมีทั้งการส่งทั้งข้อมู "ช่วง ประจุไฟฟ้า" หรือ Ch มี แรงดันไฟฟ้าอยู่เลย จ วงจร ถอดรหัสข้อมูล จะตร ออสซิลเลเตอร์ทำงาน าใน ช่วงแรก พร้อมกับส่ มโคร ชิปจะถูกนำไปมอดูเล เครื่ ก เครื่องลูกข่ายและจะเ ข่ายเริ่ม มีการใช้พลังงานไฟฟ้ ระดับ ไฟฟ้าของตัวเก็บประ าน ไฟฟ้าได้พอดีกับช่วงเ สู่เครื่อง อ่านเสร็จสิ้นตรงตามเ งจาก ช่วงเวลานี้ไปแล้ว วงจรคายประจุ ก็จะทำการคายประจุไฟฟ้าที่เหลือค้างอยู่บนตัวเก็บประจุ C ออกให้หมด ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ปรากฏบนเครื่องลูกข่ายมีค่าเป็นศูนย์อีกครั้ง และเป็นการรีเซ็ตการทำงานของไมโครชิปให้อยู่ในโหมดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง

เนื่องจากเทคโนโลยีแบบ Inductive Coupling มาตรฐาน Sequential กำหนดให้เครื่องลูกข่ายส่งสัญญาณกลับไปยังเครื่องอ่าน โดยใช้ความถี่วิทยุค่าเดียวกับที่เครื่องอ่านส่งออกมาในช่วงประจุไฟฟ้า เป็นการผลิตกันส่งความถี่ค่าเดียวกัน จึงทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเอาชนะสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งได้สูงขึ้นถึง 20 dB เมื่อเทียบกับกรณีของมาตรฐานแบบ Duplexingซึ่งเครื่องอ่านและเครื่องลูกข่ายต่างส่งความถี่คนละค่า สวนทางต่อเนื่องกันตลอดเวลา

หมายความว่าเมื่อใช้แบบเทคโนโลยีแบบ Sequential แล้ว จะทำให้เพิ่มระยะทางในการติดต่อสื่อสาร ระหว่างเครื่องอ่านและเครื่องลูกข่ายได้มากขึ้นนั่นเอง

2.9 เครื่องลูกข่ายแบบ Surface Acoustic Wave

หลักการทำงานของเครื่องลูกข่าย RFID แบบ SAW ใช้พฤติกรรมของเปียโซอิเล็กทริกดังกล่าว โดยมีการสร้างแผ่นรอง (Substrate) ที่ผลิตขึ้นจากผลึกเปียโซอิเล็กทริกคริสตอล มาตีเป็นแผ่นบางยาว จากนั้นจึงทำการติดตั้งแถบรหัสเครื่องลูกข่าย (Transducer) และแถบสะท้อนสัญญาณ (Reflector) ซึ่งเป็นแผ่นอิเล็กโทรดลงบนแผ่นรอง ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตจากวัตถุประเภทลิเธียนไนโอเบต (Lith น อิเล็กโทรดกระทำโด งบนแผ่น รองในกระบวนการ

บทที่ 3
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit : CPU) ส่วนของเพอริเฟอรัล (Peripheral) และคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ

3.1.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายในPIC16F877

-มีค

-คำ

-ทำ

-ทำ ...น ได้

-มีส

-สัญ ...งจร อาร์ซี ก็ได้

-มีอ

-มีร

-มี ...แอง

-มีร

-มี ไ

-สา

-มีแหลงกาเนดอนเตอรบต 14 แหลง เดแก

1. การเปลี่ยนแปลงสัญญานจากอนาลอกเป็นดิจิตอล
2. เกิดไทม์เอาต์ในการแปลงสัญญานจากอนาลอกเป็นดิจิตอล
3. เกิดบัสคอลลิสชั่น(Bus collision) หรือการชนกันของข้อมูลในระบบบัส
4. มีการกดปุ่มเกิดขึ้น
5. จากโมดูลตรวจจับหรือเปรียบเทียบ CPP
6. จากการเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกเป็นจริง
7. เขียนข้อมูลในหน่วยความจำอีอีพรอมเสร็จสมบูรณ์
8. จากสัญญานอนาลอกภายนอก

9. เกิดจากการใช้โมดูลแอลซีดี

10. เมื่อตรวจพบแรงดันไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนด

11. มีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ตขนานเสริมหรือ PSP

12. เมื่อพอร์ตมีการเปลี่ยนแปลงลอจิก

13. เมื่อมีการเริ่มต้นใช้งานระบบบัสSPI หรือไอสแควลซี(I2C)

14.จากการโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์

-หน่วยความจำข้อมูล(data memory) เป็นแบบอีอีพรอมสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้ 40 ปี

- หา ด 8 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เว

- หา

-หน หรือรีจี สเตอร์ไฟล์ขนาด 368

3.1.2 คุณสม

-มีข าง อิสระ

-กร ง

-กร

-กร

-มีไ

(prescaler)ขนาด 8 บิท

3.1.3คุณสมบัติอื่นๆ

-มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว(POR:Power-on Reset)

-มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ในตัว(PWRT:Power-up Timer)

-มีออสซิสเลเตอร์สตาร์ตอัปไทเมอร์(OST:Oscillator Start-up Timer)

-มีวอตช์ด็อกไทเมอร์(WDT:Watch Dog Timer)พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วยให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีเสถียรภาพยิ่งขึ้น

-ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

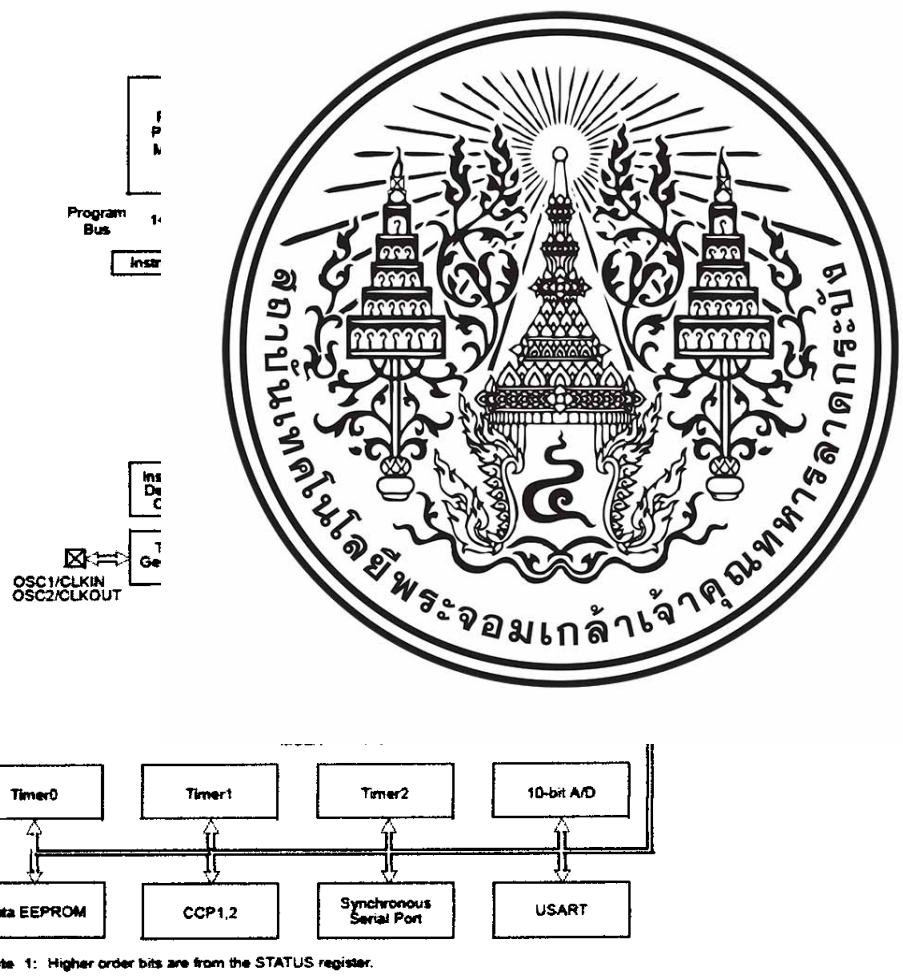
-มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป(Sleep mode)

-สามารถเลือกวงจรออสซิเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้

-ย่านไฟเลี้ยง 2.0-5.5 V.

3.2 สถาปัตยกรรมของ PIC16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ได้รับการบรรจุหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และหน่วยอินพุตไว้พร้อมสรรพ ทั้งยังมีไทเมอร์และวอตซ์ด็อก ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังแสดงสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ในรป



รูปที่ 3.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC16F877

PIC16F877 มีการจัดสรรหน่วยความจำดังนี้

หน่วยความจำโปรแกรม มีโครงสร้างเป็นหน่วยจำแบบแฟลช มีขนาด 8 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เวิร์ดของ PIC16F877 มีขนาด 14 บิต

หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม ขนาด 256 ไบต์

หน่วยความจำข้อมูลแรม ได้รับการกำหนดให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์กำหนดแฟ้มข้อมูลหรือรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 368 ไบต์

การเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเอ

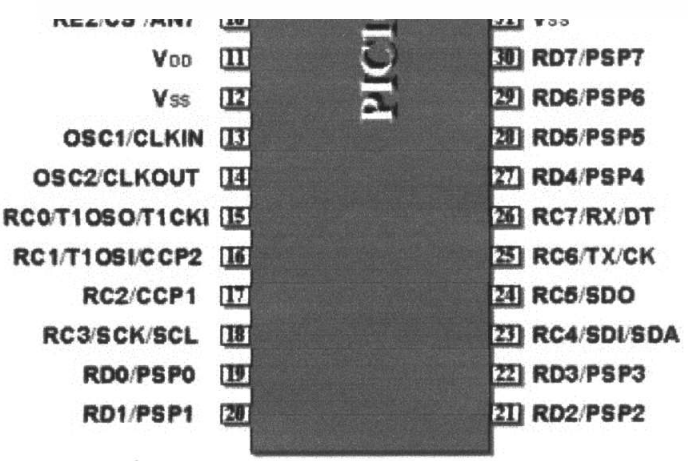
3.3 การจัดขาของ PI

ไมโครคอนโ ine

Package) ซึ่งมีลักษณะ ในตัว

ถึงแบบที่ใช้ติดตั้งบน ช้งาน

ทั้งสิ้น 40 ขาดังแสดง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการจัดขาของไอซี

ซึ่งสามารถจัดขาต่อใช้งานของ PIC16F84A เป็น 4 กลุ่ม คือ

3.3.1 กลุ่มสัญญาณนาฬิกามี 2 ขา คือ OSC1/CLKIN (ขา13) และ OSC2/CLKOUT(ขา 14)

3.3.2 กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขา คือ ขา 4

3.3.3 กลุ่มขาพอร์ตอินพุตเอาร์พุต แบ่งออกเป็น 5 พอร์ต คือ

3.3.3.1 พอร์ต A มีขนาด 6 บิต

พอร์ต A มีขนาด 6 บิต ซึ่งเป็นพอร์ตที่เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต โดยต้องเลือก
แบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จากรีจิสเตอร์ ที่มีชื่อว่า TRISA ซึ่งถ้า TRISA bit ถูกเซต เป็น
'1'พอร์ต A ที่มีหมาย
impedance) ส่วนถ้า
เอาต์พุต (พอร์ตจะอยู่
ของ ขา PORTA ใน
ลักษณะการเขียนจะเ
port จะเริ่มด้วยการ อ่
ยัง port latch อีกครั้ง
ว่า RA4/T0CKI โดย
แบบ open drain. Por
ส่วน PORTA ขาอื่น
ทำงานของแต่ละขา

รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของPIN RA4/TOCK1

ในขณะที่เกิด Power-on Reset ขาเหล่านี้จะถูก config ให้เป็น analog input และจะอ่านค่าได้เป็น '0' TRISA register มีหน้าที่ควบคุมว่าขา PORTA ใดจะเป็น input/output ในกรณีที่ใช้ PORTA เป็น analog input TRISA register จะต้องถูก set

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input.
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input.
RA2/AN2	bit2	TTL	Input/output or analog input.
RA3/AN3/VREF	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF.
RA4/T0CKI	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0. Output is open drain type.
RA5/SS/AN4	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

3.3.3.2 พอ

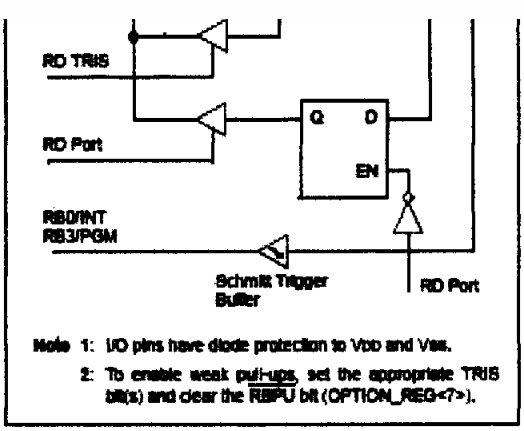
พอ หนด

ว่า port ใดจะเป็นแบ =1)

PORTB ที่บิตนั้นก็จะ ıt ขา

สามขาของ PORTB /PGM,

RB6/PGC และ RB7



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของPIN RB3-RB0

แต่ละ port จะมี weak pull-up อยู่ภายใน (ถ้าต้องการ pull-up แข็งๆ ต้องต่อวงจรภายนอก) เราสามารถกำหนดว่าจะใช้ pull-up ภายในหรือไม่จากการ set หรือ clear RBPU\ (OPTION register บิต 7) โดยถ้าเรา clear RBPU\ จะหมายถึง เราทำการ disable pull-up ภายใน และถ้าเรากำหนดให้ PORTB เป็น OUTPUT แล้ว pull-up จะถูก disable โดยอัตโนมัติ สำหรับ พอร์ต B นั้น ขา RB4-RB7 จะมี feature เพิ่มเติมก็คือ การกำหนดให้เกิด Interrupt เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะของสัญญาณไฟฟ้าที่ขา RB4-RB7 (โดยถ้าขาใดขาหนึ่งเกิดเปลี่ยน

สถานะก็จะทำให้เกิด RB Port Change Interrupt ขึ้น ซึ่งจะทำให้ RBIF (INTCON.0) flag ถูก set โดยที่ Interrupt ประเภทนี้สามารถทำการ “wake” microcontroller จากสถานะ sleep mode ได้ RBIF flag จะถูก Clear ได้ 2 กรณี คือ

ทำการอ่านหรือเขียน พอร์ต B

ทำการ clear RBIF flag โดยตรง

หากเราใช้ interrput on PORTB change แล้วไม่ควรจะ enable pull-up ของ PORTB

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit0	TTL/ST(1)	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM(3)	bit3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt-on-change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST(2)	Input/output pin (with interrupt-on-change) or In-Circuit Debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

3.3.3.3 พอ

พอ ทนด

ว่า port ใดจะเป็นแบ =1)

PORTB ที่บิตนั้นก็จะ it ที่

PORTC จะมีคุณสมบ ใช้งาน

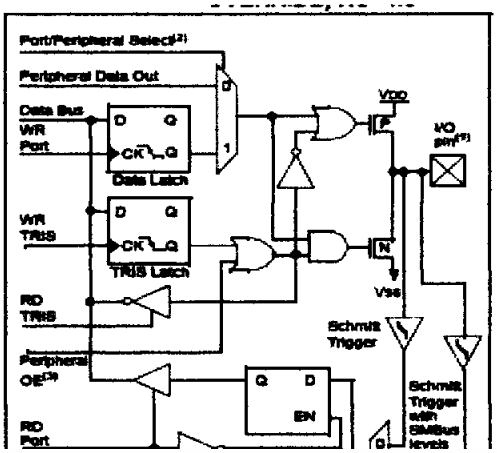
โดยเมื่อเราทำการ en ค่า

TRISC ของแต่ละขา ง

UART) ตัวมันเองก็จ ว

โดยตรงกับขาใดของ

PORTC แต่ละ port จ



ลักษณะโครงสร้างข

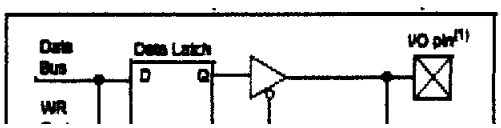
PORTC3-4

Name			
RC0/T1OSO/T1CKI			
RC1/T1OSI/CCP2			
RC2/CCP1			
RC3/SCK/SCL			
RC4/SDI/SDA			
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output.
RC6/TX/CK	bit6	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin or USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชั่นของพอร์ต C

3.3.3.4 พอร์ต D จะเป็น port ขนาด 8 bits

พอร์ต D จะเป็น port ขนาด 8 bits ซึ่งจะมี Schmitt Trigger input buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของ port ให้เป็น input หรือ output ได้โดยอิสระจากกัน PORTD สามารถที่จะทำตัวเป็น parallel slave port ได้อีกด้วย โดยทำได้โดยการ set PSPMODE bit (TRISE<4>) ซึ่งใน mode นี้ buffer ภายในจะกลายเป็นแบบ TTL



3.3.3.5 พอร์

พอ

RE2/(CS\)/AN7 ซึ่งจะมี Schmitt Trigger input buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิต ของพอร์ตให้เป็นอินพุต หรือเอาต์พุต I/O PORTE สามารถกลายเป็น control input สำหรับ microprocessor port เมื่อ ทำการเซต PSPMODE(TRISE<4>) bit ข้อควรระวังเมื่ออยู่ในโหมดนี้ก็คือ ต้องตรวจดูให้ดีว่า TRISE ตั้งแต่บิต 0-2 ถูกเซต (อยู่ในสถานะอินพุต) และต้องแน่ใจว่า ADCON1 ถูกเซตให้อยู่ในโหมดดิจิตอล I/O ซึ่งในโหมดนี้อินพุตบัฟเฟอร์ จะเป็น TTL พอร์ต E จะมีลักษณะคือ จะ multiplex กับ analog inputs โดยเมื่อ PORTE ถูกเซตเป็น analog inputs แล้ว ขาเหล่านี้เมื่อทำการอ่านค่าจะมีค่าเป็น 0 ส่วน TRISE ซึ่งเป็น control register นั้นจะต้องเซต ให้เป็นอินพุต เมื่อเซตให้อยู่ใน mode analog input

บทที่ 4
การมอดูเลทสัญญาณแบบดิจิตอล

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะทำการอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับการมอดูเลทสัญญาณแบบดิจิตอล ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีเช่น การมอดูเลทแบบ ASK ,FSK และ PSK ซึ่งแต่ละวิธีจะอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ในบทนี้เราจะเน้นเนื้อหาเกี่ยวกับการมอดูเลทแบบ ASK เพราะเกี่ยวข้องกับโครงงานที่ได้จักทำซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดดังกล่าวต่อไปนี้

4.2 การมอดูเลทสัญ

การมอดูเ

1.การมอดูเล

2.การมอดูเล

3.การมอดูเล

จากสมการข

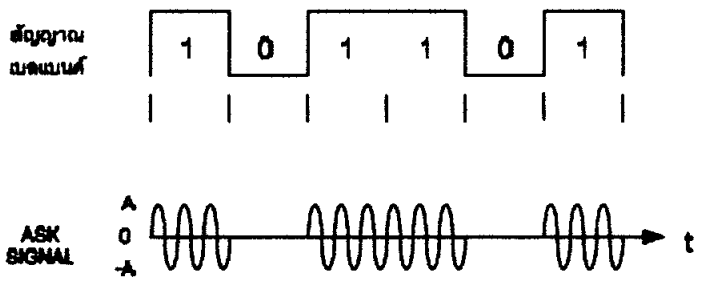
คุณสมบัติป มแปลง
หรือมอดูเลทได้ คือ เ บนด์
เป็นรูปสามเหลี่ยมแล สมบัติ
ประจำตัวของคลื่นรู ชิงมุม
และเฟสจะ เปลี่ยนไ

4.2.1 การมอดูเลทดิจิตอลทางขนาด (Ampitude Shift Keying; ASK)

ในการมอดูเลทดิจิตอลทางขนาดบางครั้งเรียกว่า OOK (on- off keying) เพราะว่าคลื่นพาหะถูกon / off ตามสัญญาณที่เป็น “1” หรือ “0” ถ้าคลื่นพาหะถูกกำหนดโดยสมการที่ 1ดังนั้นสัญญาณ ASKจะกำหนดได้เป็น

$e = A\sin 2f_1 t$;เมื่อสถานะของบิทเป็น“1”

$= 0$;เมื่อสถานะของบิทเป็น“0”



รูปที่ 4.1 แสดงรูปการมอดูเลทดิจิตอลทางขนาด

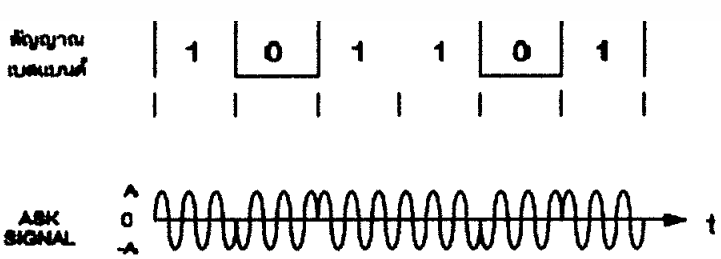
การมอดูเลท รส่ง
ข้อมูลและใช้ในสาย ลักการ
อื่นๆของ ASK จะเห

4.2.2 การมอ

การมอดูเลท ญญาณ
ลอจิก "1" จะให้เฟส ให้เฟส
ของสัญญาณอนาลอ ะ
กำหนดให้เป็น (ในก

$e = A\sin 2\pi$

$= A\sin(2\pi$



รูปที่4.2 แสดงการมอดูเลทดิจิตอลทางเฟส

รูปแบบที่ง่ายที่สุดของการออกแบบ PSKคือ Binary PSK (BPSK)แสดงดังรูปที่4.3 ที่ค่าเฟสของสัญญาณจะมี 2 ค่า คือ 0 องศา และ 180 องศาสมการของสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลทแล้วได้เป็น

$V_{PSK} = v_b \sin(2\pi f_c t) + v_b \sin(2\pi f_c + \pi)$

เมื่อ $_b V$ แทนค่าสถานะของบิทคือ "1" และ "0"

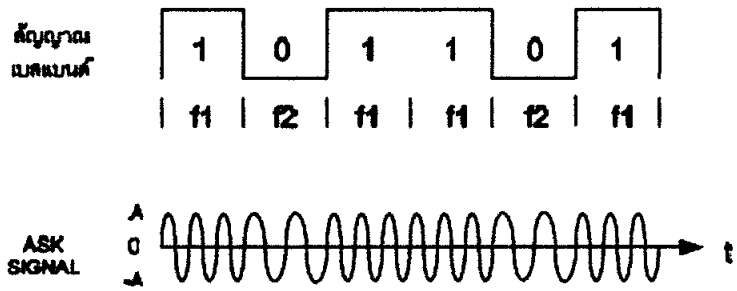
ถ้าคิดให้อัตร คาของ
วงจร PSK สูงกว่า) เ ในาที
และ 4800 บิท/วินาที ศัพท์

4.2.3 การมอ

การมอดูเลท ความถี่
หนึ่ง และเมื่อเป็นลอ ้ง
สมการที่1ดังนั้นกรณี วามถี่
f1 สำหรับสัญญาณที่เป็นลอจิก "1" และความถี f2 สำหรับสัญญาณทีเป็นลอจิก "0" แสดงสมการข้างล่าง

$e = A \sin 2\pi f_1 t$;เมื่อสถานะของบิทเปนี "1"

$= A \sin 2\pi f_1 t$;เมื่อสถานะของบิทเป็น"0"



รูปที่ 4.4 แสดงการมอดูเลททางดิจิตอล

ในการส่งข้อ

4.2.

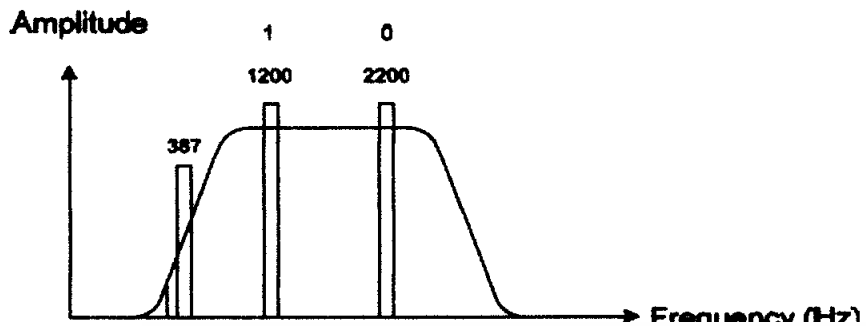
การ นด์

เท่าๆกัน โดยแบนด์ห สามารถ

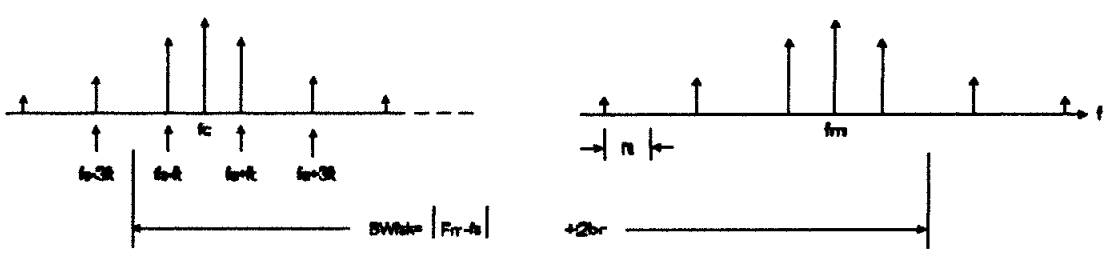
ส่งข้อมูล เข้าไปในส

รูปที่4.5 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดูเลทแบบ FSK ในการส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์

4.2.3.2 ชนิดที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์(Half Duplex)



แบนด์วิดท์ 2 แบนด์ ที่กว้าง
กว่าจะใช้การส่งข้อมู isory
Signal) ของตัวรับไป ารเรียก
แบนด์วิดท์แบบนี้ว่า รับส่ง
ข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพ แถบ
(bandwith)ในแบบ F



รูปที่4.7 แสดงการประมาณค่าความกว้างแถบของแบบ FSK

4.3 วงจรเรโซแนนซ์ ค่าประสิทธิภาพ Q และแบนด์วิดท์

ในการประยุกต์ระบบระบุลักษณะทางคลื่นวิทยุสายอากาศขดลวดเป็นส่วนสำคัญของวงจร เร- โซแนนซ์และระยะในการอ่านของอุปกรณ์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรเรโซแนนซ์ อย่างมาก

รูปที่ 4.8และ 4.9แสดงตัวอย่างรูปแบบของวงจรเรโซแนนซ์ ของสายอากาศขดลวดและ การจูนตัวเก็บประจุ ความถี่เรโซแนนซ์ (f_0) สามารถคำนวณได้จาก

L = ค่า

C =

วงจร ...รเรโซแนนซ์
แบบอนุกรม ...งจรมาก
โดยทั่วไปจะ ...รโซแนนซ์
แบบขนานจะ ...แรงดันจะมีค่า
สูงที่ความถี่เร ...องลูกข่าย

ธนานนทโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.3.1

รูปที่3.1แสดงตัวอย่างวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานค่าอิมพิแดนซ์รวมของวงจร สามารถหาได้จากสมการ

$$Z(j\omega) = \frac{j\omega L}{\left(1-\omega^2 LC\right) + j\frac{\omega L}{R}} \qquad (4.3.2)$$

โดยที่ ω = ความถี่เชิงมุม $= 2\pi f$

R = ความต้านทานโหลด

ในที่นี้ไม่สนใจค่าความต้านทาน (r) ของขดลวด ค่าอิมพีแดนซ์จะมีค่ามากเมื่อตัวส่วนในสมการข้างต้นมีค่ามาก และค่าอิมพีแดนซ์จะมีค่าน้อยเมื่อ

$$\omega^2 LC = 1 \qquad (4.3.3)$$

เรียกว่าสภาวะเรโซแนนซ์และความถี่เรโซแนนซ์หาได้จาก

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (4.3.4)$$

ทำการแทนค่า [illegible] จะกลายเป็น

ค่า R และ C ในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน สามารถนำมาคำนวณแบนด์วิดท์ B ของวงจรได้ดังสมการ

$$B = \frac{1}{2\pi RC} \qquad (4.3.5)$$

ค่าประสิทธิภาพ Q สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Q = \frac{f_0}{B} \qquad (4.3.6)$$

โดยที่ f_0 = ความถี่เรโซแนนซ์

B = แบนด์วิดท์

แทนสมการที่ 4.3.4 และ สมการที่ 4.3.5 ลงในสมการที่ 4.3.6 ค่าประสิทธิภาพ Q ในวงจรเรโซแนนซ์แบบขนานจะได้ดังสมการ

ค่าประสิทธิ และ ค่า
รากที่สองอัตราส่วนร บขนาน
จะใช้สำหรับวงจรส วณได้
จากสมการที่ 4.3.8 แ

สมการข้างต้ องราก
ที่สองของค่าความเห

วงจรเรโซแนนซ์แบบขนานสามารถใช้ในสายอากาศแบบลูปทรานฟอร์เมอร์ สำหรับเครื่อง อ่านที่ระยะทางไกลๆอธิบายได้ในสายอากาศขดลวดของเครื่องอ่าน แรงดันในลูปทุติย ภูมิจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราส่วนของจำนวนรอบ (n_2 / n_1) ของลูปทรานฟอร์เมอร์ แม้ว่าสัญ ญาณมีแรงดันสูงก็ตามไม่สามารถที่จะรับสัญญาณได้ สาเหตุที่แยกสายอากาศเพื่อต้องการ สำหรับการรับสัญญาณ วงจรสายอากาศรับควรจะจูนสัญญาณที่ทำการมอดูเลทของเครื่องลูกข่าย

4.3.2 วงจรโซแนนซ์แบบอนุกรม

วงจรเรโซแนนซ์อนุกรมอย่างง่ายแสดงดังในรูปที่ 4.9 สมการแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร คือ

$$Z(j\omega) = r + j(X_L - X_C) \qquad (4.3.9)$$

โดยที่ r = ความต้านทานของวงจร

ค่าอิมพีแดน[illegible]องมีค่าเท่ากัน $(X_L = X_C)$ [illegible]ชแนนซ์ของวงจรขนานต[illegible]

รูปที่ 4.9 แสดงวงจรเรโซแนนซ์อนุกรม

กำลังครึ่งของความถี่แบนด์วิดท์จะถูกกำหนดโดยค่า Rและ L ดังสมการ

$$B = \frac{r}{2\pi L} \qquad (4.3.12)$$

ค่าประสิทธิภาพ Q ในวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมสามารถแสดงได้ดังนี้

$$Q = \frac{f_0}{B} = \begin{cases} \dfrac{\omega L}{r} = \dfrac{1}{\omega C r} \\ \dfrac{1}{r}\sqrt{\dfrac{L}{C}} \end{cases} \qquad (4.3.13)$$

วงจรอนุกรมเป็นรูปแบบการแบ่งแรงดัน เพราะฉะนั้นแรงดันที่ตกคร่อมในขดลวดจะคำนวณได้จากสมการ

หรือ

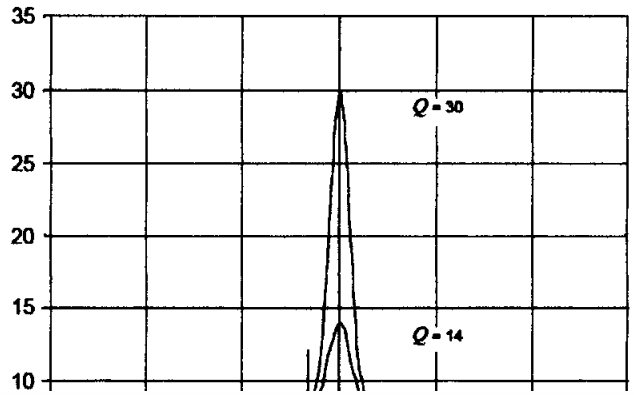
$$\left|\frac{V_0}{V_{in}}\right| = \frac{\qquad}{\sqrt{r^2 + (} \qquad 3.15)$$

4.4 ค่าประสิทธิภาพ

รูปที่ 4.3.3 ... ...บบแอม
ปลิจูดชิฟต์คีย์อิง (AS... ...เรกู้ของ
สัญญาณข้อมูลจากเค... ...สองเท่า
ของอัตรา ส่วนข้อมูล ดังนั้นถ้าอัตราส่วนของข้อมูลคือ 8 kHz สำหรับสัญญาณแบบแอมปลิจูดชิฟต์คีย์อิง แบนด์วิดท์จะต้องมีค่าน้อยที่สุดที่ 16 kHz สำหรับการกู้ของข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องลูกข่าย

อัตราข้อมูลสำหรับสัญญาณฟรีเควนซี่ชิฟต์คีย์อิง (÷10) คือ 12.5 kHz ดังนั้นแบนด์วิดท์ที่ต้องการสำหรับการกู้ข้อมูลคือ 25 kHz

สำหรับสัญญาณเฟสชิฟต์คีย์อิง(÷2) อัตราข้อมูลคือ 62.5 kHz (ถ้าความถี่คลื่นพาห์คือ 125 kHz) ดังนั้นวงจรเครื่องอ่านต้องการแบนด์วิดท์ 125 kHz ค่าประสิทธิภาพในกรณีนี้จะเท่ากับ 1 ปัญหาในที่นี้แก้ไขโดยการแยกขดลวดส่งและขดลวดรับซึ่งขดลวดส่งสามารถออกแบบให้มีค่าประสิทธิภาพสูงและขดลวดรับสามารถออกแบบให้มีค่าประสิทธิภาพต่ำ



4.5 การกำหนดขอบ

เมื่อทำการอ ลวด

จะต้องมีค่าประสิทธิ ารณา

4.5.1 แรงดัน

โซแนนซ์ สำหรับตัว กดร่อม

ขดลวด 1500 Vpp ช้ รกู้

สัญญาณที่ได้รับจาก

4.5.2 การจู าพสูง,

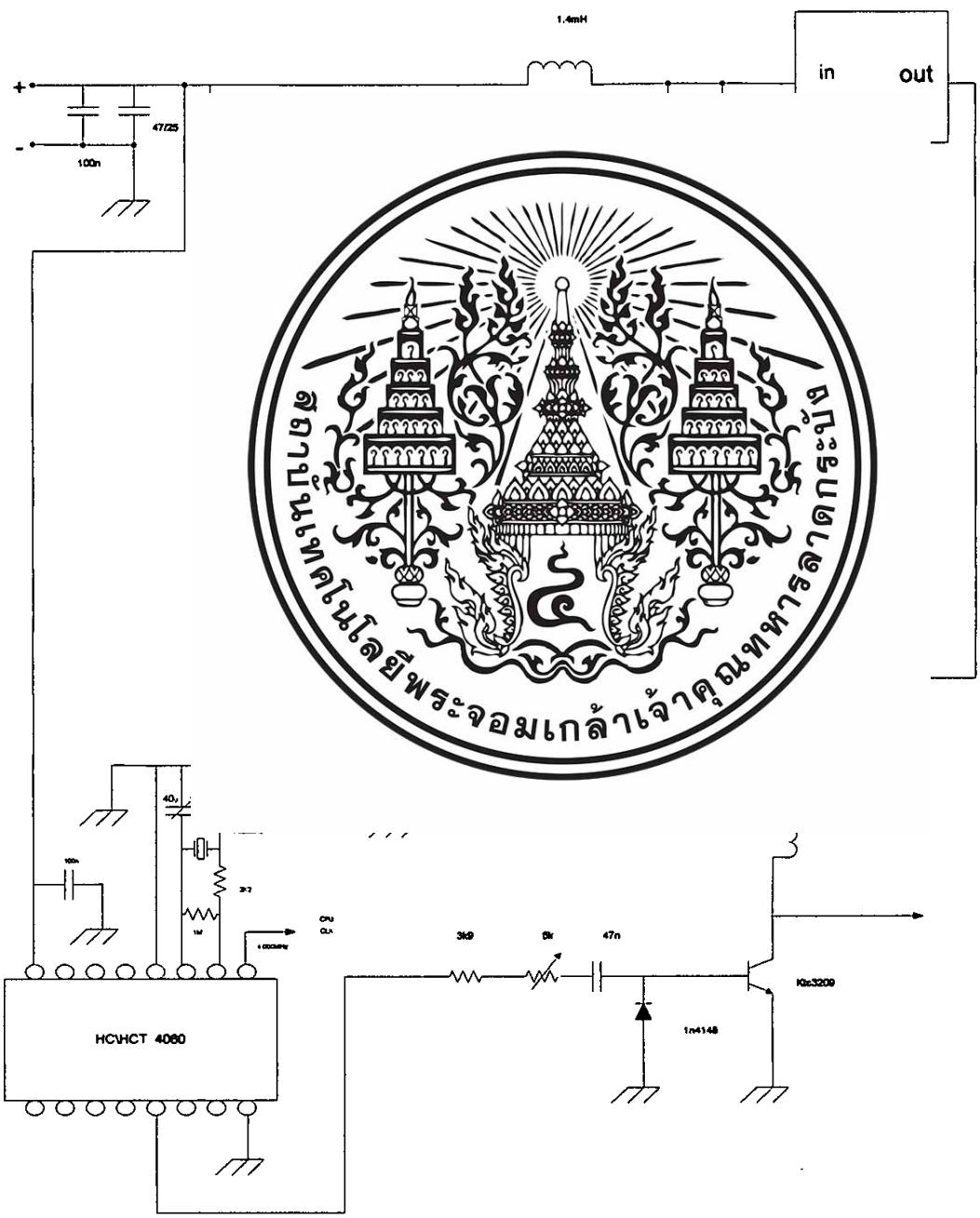
แรงดันสูงจะมีส่วนประกอบของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยินยอมได้และ มีความเสถียรภาพสูงน่าจะมีใช้ แต่โดยทั่วไปจะมีราคาแพงและยากที่จะมีใช้โดยทั่วไป

4.5.3 ค่าประสิทธิภาพของวงจรที่ได้รับมีค่าสูงค่าแอมปลิจูดของสัญญาณที่ย้อนกลับมาจะสัมพันธ์กับกำลังของคลื่นพาห์ที่ได้รับ ซึ่งสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องลูกข่ายจะมีค่าน้อย วงจรของเครื่องอ่านอาจเกิดความสับสนได้ในการกู้สัญญาณ

บทที่ 5

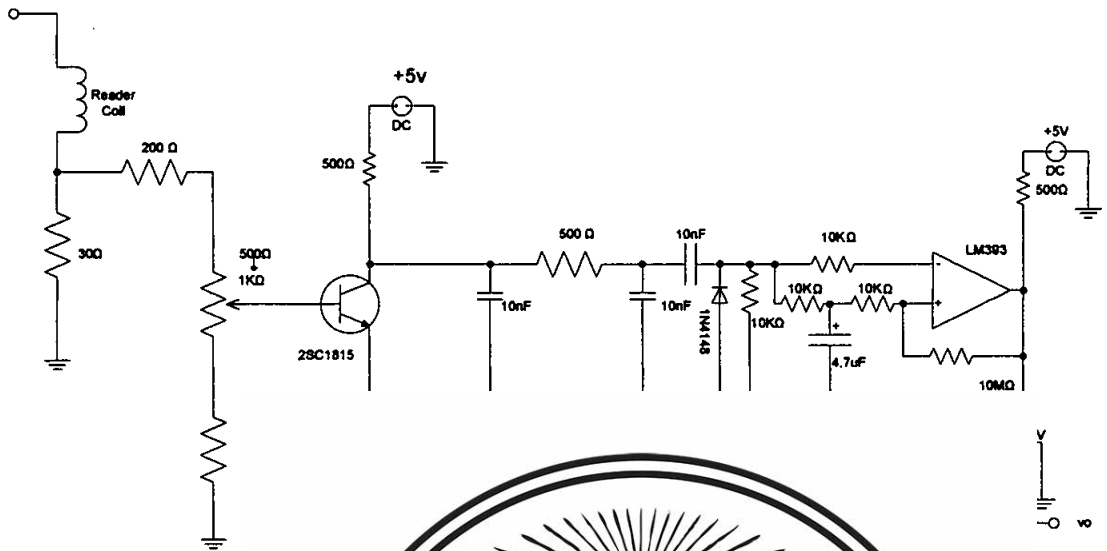
การออกแบบและการคำนวณ READER และ TAG

5.1 Reader Coil Driver/ Modulator

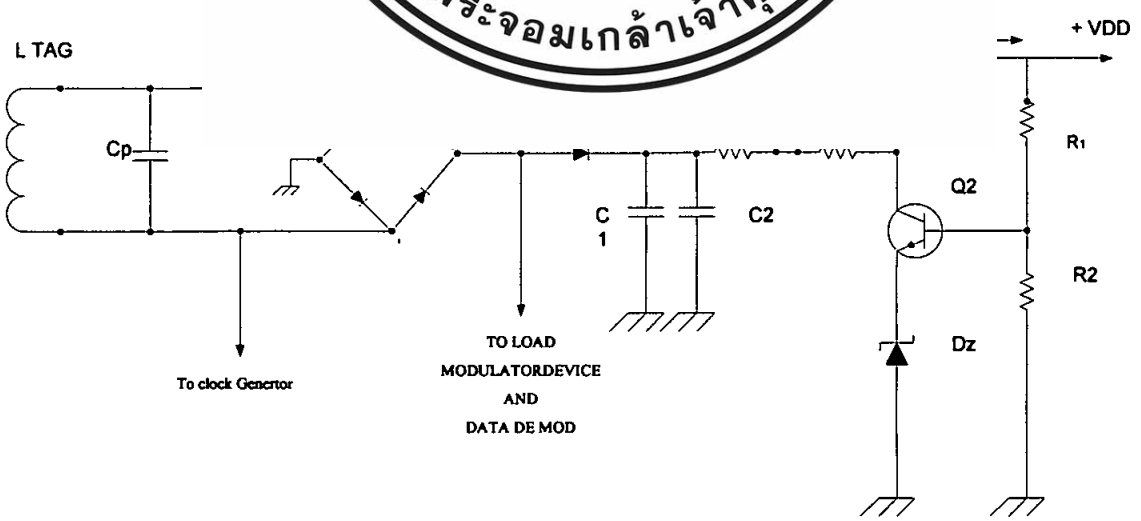


รูปที่ 5.1 Reader Coil Driver/ Modulator

5.2 Demodulator

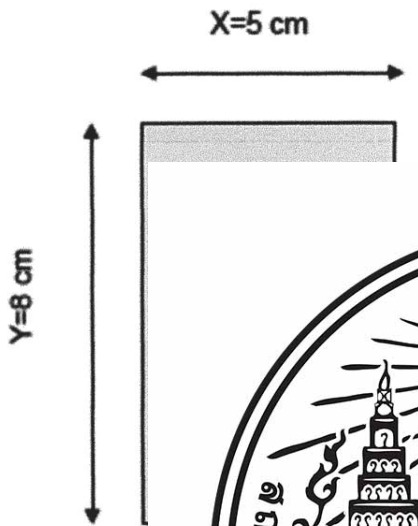


5.3Tag



รูปที่ 5.3 วงจรรวมของ Tag ก่อนที่จะส่งไปยังภาคไมโครคอนโทรลเลอร์

5.4 การออกแบบ Rectangular Loop Tag Coil 125 kHz



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.5 วิธีการคำนวณค่า

สูตรที่ใช้ใน

N=Number of turns

$C = X + Y + 2h$

H = Coil Hieght ≈ wire diameter

X = Average width of coil ≈5.0 cm

Y = Average length of coil ≈ 8.0 cm

$C \approx 11.9+2d_T$ cm

d_T = Total wire diameter

b = width of cross section (เมื่อมีสารเคลือบที่สาย)

$b \approx n(d_T + \underbrace{0.025}_{\text{Spacing}\approx 0.255\text{mm}})$

dT = Bare wire diameter + coating Thick

d = Bare wire diameter (เมื่อไม่มีสารเคลือบที่สาย)

$b \approx n(d+0.01)$ cm

$$0.01\text{cm} = 100\times10^{-3}\text{mm}$$
$$= (\underbrace{75}_{\text{Coating}} + \underbrace{25}_{\text{Spacing}})\times10^{-3}\text{mm}$$

$b_{MAX} \le 0.6\text{cm}$

δ = Skin depth

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$$

$\mu = \mu_r\mu_o$: μ_r(cu)

σ = conductivity

หรือ ρ = Resisivit

$\delta_{cu}(125\text{KHz}) \approx 0.$

$$rdc = \frac{\rho\ell}{A} \quad : \ \ell, A$$

$$A_{DC} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$r_{AC} = \frac{\rho\ell}{A_{AC}}$$

$$A_{AC} = \frac{\pi}{4}(d^2 - (d -$$

ถ้า $d - 2\delta \le 0$

ฉะนั้นจะได้ r_{AC} =

$$Q_u = \frac{2\pi fL}{r_{AC}}$$ (เมื่อ r_{AC} = Series Resistance)

Equivalent $r_p = r_{AC}(1+Q_u^2)$

$R_{LTOT} = r_p // R_{LAC}$

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

$$BW = \frac{1}{2\pi R_{LTOT} C} \quad \text{และ} \quad Q_{LOAD} = \frac{f}{BW}$$

FREQ =125 Kz

$$V_{DCin} \approx 6.0V, I_{DCin} \approx 5.0mA : P_{LOADDC} \approx 30.0mW$$

$$V_{AC} \approx \frac{(6+2.25+0.1)}{\sqrt{2}} \approx 5.83V_{RMS}$$

$$R_{LAC} \approx 1132.96\Omega$$

Tag Average Size (5.0×8.0) cm^2

Bare wire di

Total wire d

ใช้ขดลวดเบ

ประสิทธิ์ภาพในการพันขดลวดโดยจำนวนรอบที่แตกต่างกัน

n	b(mm) ℓ_T(m)	$Ls(\mu H)$ $Lp(\mu H)$	Qu	$r_{SAC}(\Omega)$ $r_{pAC}(\Omega)$	R_{TOT}	QL	C (nF)	$BW(kHz)$ $N.Q_L$
20	5.5 5.20	62.53 62.89	13.12	3.74 647.52	412.04	8.35	25.8	14.97 167
21	5.78 5.46	68.36 68.72	13.65	3.93 736.177	446.22	8.27	23.61	15.11 173.67
22	6.06 5.72	74.41	14.14	4.13	479.01	8.15	21.7	15.32 3
23	6.34 5.98	8						1 38
24	6.62 6.24	8						8 08
25	6.90 6.50	9						0
26	7.18 6.76	1						4 76
27	7.46 7.02	1						3 34
28	7.74 7.28	1						5 72
29	8.02 7.54	1						9 74
30	8.3 7.8	1						4 1
31	8.58 8.06	1 157.92		2014.53				7 207.39
32	8.86 8.32	145.43 145.83	19.06	5.99 2182.05	745.75	6.51	11.13	19.18 208.32
33	9.14 8.58	153.48 153.88	19.49	6.18 2353.17	764.81	6.32	10.54	19.75 208.56
34	9.42 8.84	161.70 162.10	19.96	6.36 2540.19	783.50	6.15	10.01	20.32 209.1
35	9.42 9.1	171.35 171.75	20.53	6.55 2764.25	830.85	5.95	9.44	20.95 208.25

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิ์ภาพในการพันขดลวดโดยจำนวนรอบที่แตกต่างกัน

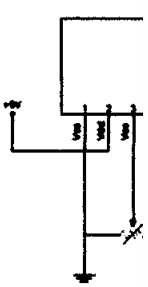
บทที่ 6 โปรแกรมการของติดต่อ

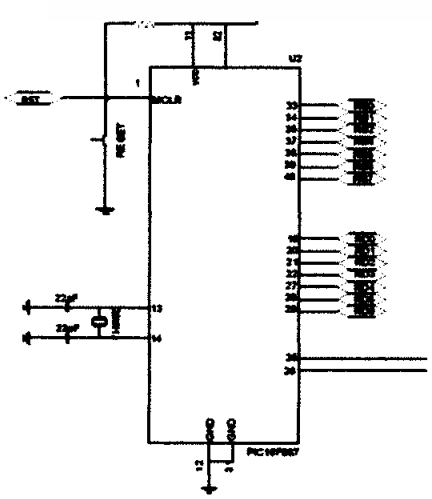
เทคโนโลยี RFID จะมีการทำงานที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของเครื่องอ่านและส่วของเครื่องลูกข่าย ในส่วนของเครื่องอ่านจะทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากเครื่องลูกข่ายโดยมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลถ้าข้อมูลถูกต้องก็จะแสดงผลออกทางLED และส่งข้อมูลไปให้กับเครื่องลูกข่าย ในส่วนของเครื่องลูกข่ายจะทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาเก็บลงในหน่วยความจำและอ่านข้อมูลที่ได้ส่งให้กับเครื่องอ่าน โดยมีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

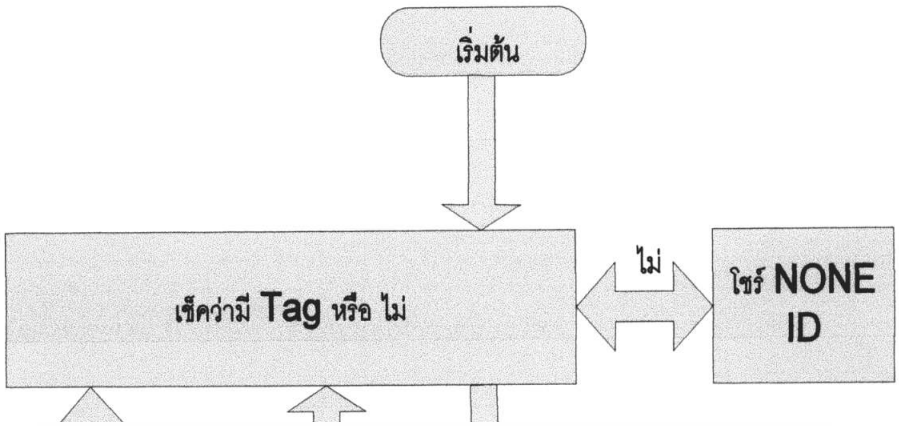
6.1 เครื่องอ่าน

6.1.1ส่วนขอ

ส่วนของวงจ ทำงาน

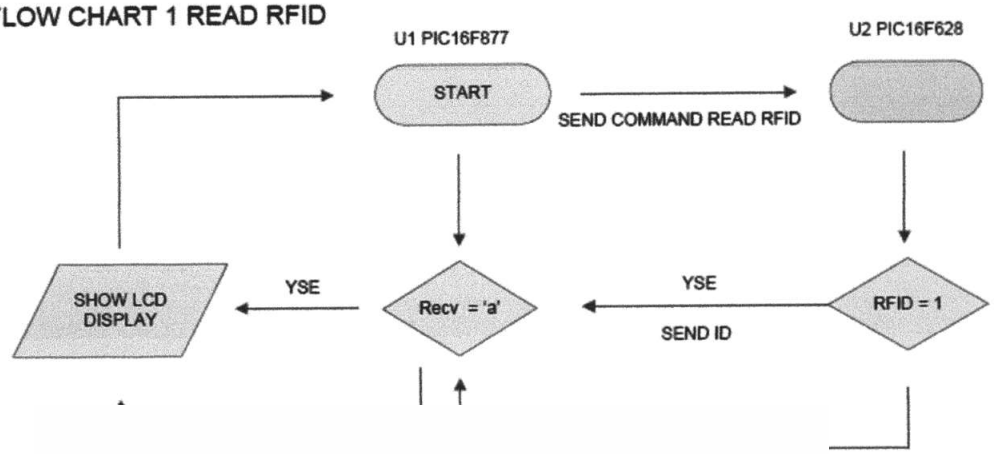




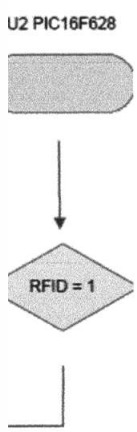

เริ่มต้น
เช็คว่ามี Tag หรือ ไม่
ไม่
โชร์ NONE ID

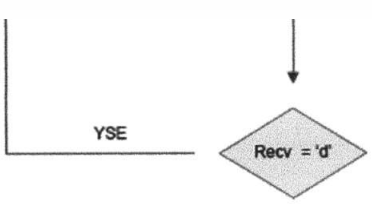
ธนานุเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

FLOW CHART 1 READ RFID



FLC





6.1.2 ส่วนของโปรแกรมเครื่องอ่าน

```
#include <16F877.h>
#define TxD PIN_C6
#define RxD PIN_C7
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOPUT
#use delay(CLOCK=20000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=TxD,rcv=RxD)
#de
#in
#us

cha                                                          9" --//

// --
uns
voi
{
  unsigned char x;
  putc('s');
  if(command==0) {putc('a');}
  if(command==1) {putc('b');}
  if(command==2) {putc('c');}
  if(command==3) {putc('d');}
  for(x=0;x<4;x++)
  {
```

```
    if((command==0)||(command==3))  // command check RFID. //
    {
      ID_send[x] = '0';
    }
    if((command==1)||(command==2))
    {
      putc(ID_send[x]);
    }
  }
  pi
}
// --
// --
uns
voi
{
  u
  II
  if
  {

    \
      ID_recv[x] = getc();
      if(ID_recv[x]=='e') {x = 7;}
    }
  }
}
// ------------------------------------------------------------------ //
```

```
// ---------------------------------------- MAIN PROGRAMS ----------------------
---------- //
void main(void)
{
    unsigned char i;
    unsigned char mode=0;
    unsigned char num[5];
    unsigned char position;

                                                                          id
input_port F

// --                                                                    ---------
-------- //


// --                                                                    ---------
-------------
```

```
lcd_command(0x80); lcd_putc("RFID 125K");
while(mode==0)
{
  send_id(0);            // command check RFID. //
  recv_id();             // recv command check RFID. //
  if(ID_recv[1]=='a')    // recv command none RFID. //
  {lcd_command(0xC0); lcd_putc("NONE ID.   ");}
  if(ID_recv[1]=='b')    // recv command HAVE RFID. //
  {
```

```
    lcd_command(0xC0);  lcd_putc("ID = ");
    lcd_gotoxy(6,2);
    lcd_putc(data_code[ID_recv[2]]);
    lcd_putc(data_code[ID_recv[3]]);
    lcd_putc(data_code[ID_recv[4]]);
    lcd_putc(data_code[ID_recv[5]]);
  }
  // ------------------------------ scan COL  2 ------------------------- //
```

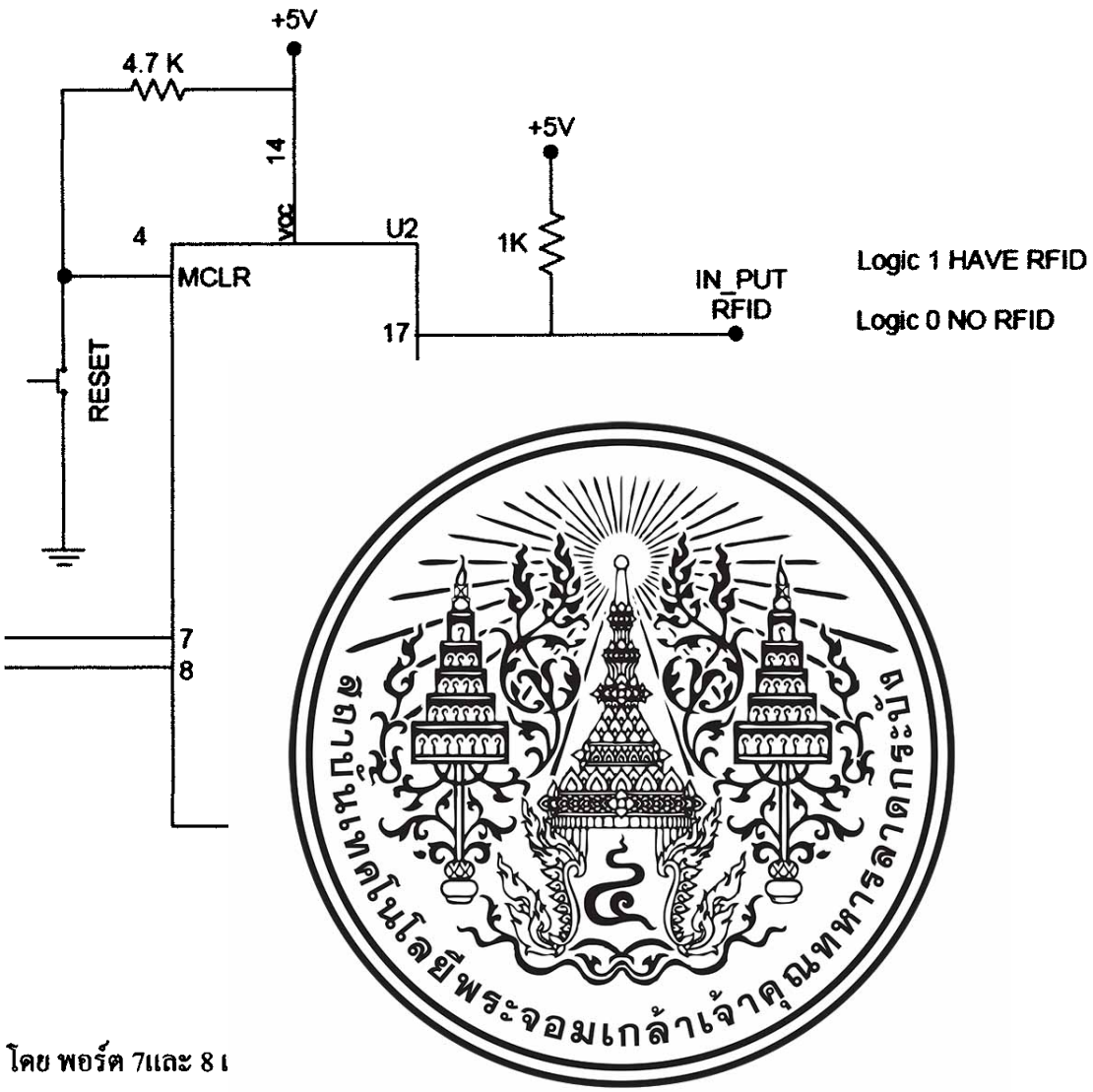
```
// -                                                                    -----
----------
lcd_command(0x01);     // clear screan. //
position = 0;
lcd_command(0x80);  lcd_putc("WRITE DATA");
lcd_command(0xC0);  lcd_putc("ID = ");
while(mode==1)
{
    if(position==0) {aa=10;bb=10;cc=10;dd=10;}
    if(position==1) {aa=num[0];bb=10;cc=10;dd=10;}
    if(position==2) {aa=num[0];bb=num[1];cc=10;dd=10;}
```

```
                    if(position==3) {aa=num[0];bb=num[1];cc=num[2];dd=10;}
                    if(position>=4)
{aa=num[0];bb=num[1];cc=num[2];dd=num[3];position=4;}
                    lcd_gotoxy(6,2);
                    lcd_putc(data_code[aa]);
                    lcd_putc(data_code[bb]);
                    lcd_putc(data_code[cc]);
                    lcd_putc(data_code[dd]);
                                                                    /
                                                                    n_d7)))
                                                                    :OW_0
                                                                    :OW_1
                                                                    '
ROW_2

num[0]=nu

while((inpu
{delay_us(1
                    ;
                    // ------------------------- END SCAN COL 0 ---------------------- //
                    // ---------------------------- scan COL_1 ------------------------- //
                    output_d(0x02);
                    if((input(pin_d4))||(input(pin_d5))||(input(pin_d6))||(input(pin_d7)))
                    {
                      if(input(pin_d4))   {num[position] = 2; position++;}   // ROW_0
                      if(input(pin_d5))   {num[position] = 5; position++;}   // ROW_1
                      if(input(pin_d6))   {num[position] = 8; position++;}   // ROW_2
```

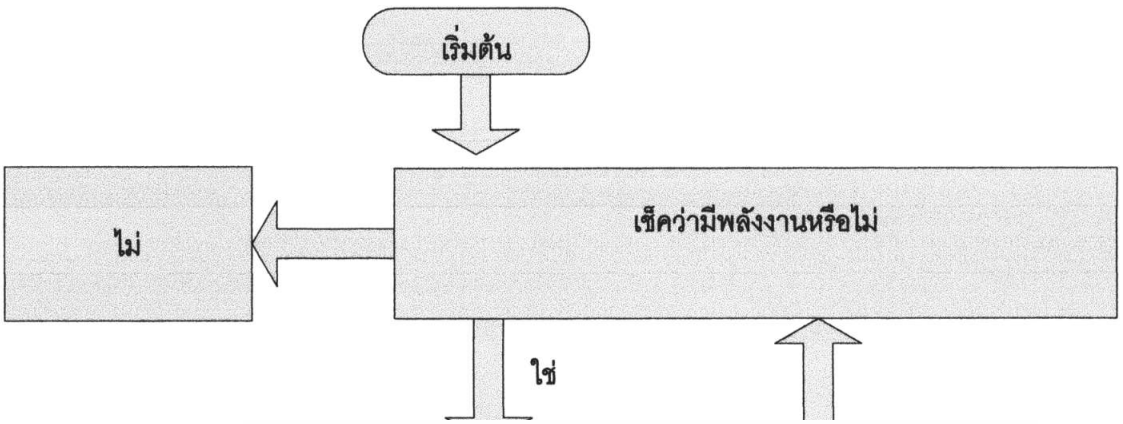
```
                    if(input(pin_d7))  {num[position] = 0; position++;}  // ROW_3

while((input(pin_d4))||(input(pin_d5))||(input(pin_d6))||(input(pin_d7)))
{delay_us(100);}
                    }
                    // ------------------------- END SCAN COL 1 ---------------------- //
                    // ------------------------- scan COL_2 ---------------------- //
                    output_d(0x04);
                                                                          n_d7)))

                                                                          )W_0
                                                                          OW_1
                                                                          OW_2
while((input
{delay_us(1
                                                                          ------ //
          // ---------------------- MODE send ID MEMORY EEPROM ---------------------- //
          if(mode==2)
          {
            lcd_command(0xC0);  lcd_putc("START WRITE");
            for(i=0;i<5;i++)
            {
               ID_send[i] = num[i];
            }
            send_id(2);       // command memory ID IN RFID. //
```

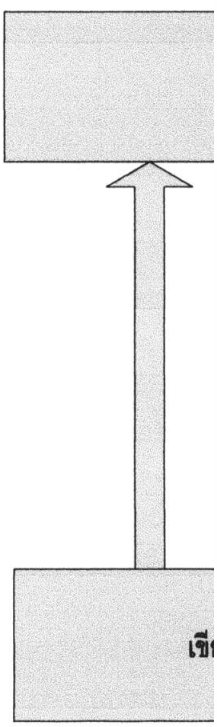
```
while(mode==2)
{
  recv_id();
  if (ID_recv[1]=='a')
  {
    lcd_command(0xC0);  lcd_putc("NONE ID.   ");
    delay_ms(2000);
    mode = 0;
  }
}//-                                                    -------//

}//-                                                    /
```

6.2 เครื่องรับ



โดย พอร์ต 7และ 8 เ


เริ่มต้น
เช็คว่ามีพลังงานหรือไม่
ไม่
ใช่



ธรรมเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6.2.1 ส่วนของโปรแกรมเครื่องอ่าน

```
#include <16F628A.h>
#use delay(clock=4000000)
#fuses XT,PUT,BROWNOUT,MCLR,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use rs232(baud=9600,xmit=PIN_B2,rcv=PIN_B1)
#use fast_io(A)

// ------------ FUNCTION SEND ID ------------------------------ //
unsigned char ID_se
void send_id(unsign
{
  unsigned char x;
  putc('s');
  if(command==0) {
  if(command==1) {
  if(command==2) {
  if(command==3) {
  for(x=0;x<4;x++)
  {
    if((command==0
    {
      ID_send[x] = '0';
    }
    if((command==1)||(command==2))
    {
      ID_send[x] = read_eeprom(x); delay_ms(20);
      putc(ID_send[x]);
    }
  }
  putc('e');
```

```
}    // ------------------------------------------------------------------ //
// ----------------- FUNCTION RECV ID ------------------------------ //
unsigned char ID_recv[7];
void recv_id()
{
  unsigned char x;
  ID_recv[0] = getc();
  if(ID_recv[0]=='s')
  {
    for(x=1;x<7;x++
    {
      ID_recv[x] = g
      if(ID_recv[x]=
    }
  }
}
// ----------------------

void main(void)
{
  unsigned char mod
  unsigned char ch;
  // adder eeprom 0 ID[1] //
  // adder eeprom 1 ID[2] //
  // adder eeprom 2 ID[3] //
  // adder eeprom 3 ID[4] //
  set_tris_a(0b00000001);
  while(TRUE)
  {
// ------------ mode select function ---------------------- //
```

```
if(mode==0)
{
  while(mode==0)
  {
    // ---------- if HAVE RFID ---------- //
    if(input(PIN_A0)==0)
    {
      while(input(PIN  A0)==0)
      {
        recv_id();
        if (ID_rec
        {
          send_id
        }
        if (ID_rec
        {
          write_e
          write_e
          write_e
          write_e
          delay_m
          send_id(3),
        }
      }
    }
    // ---------- //
    // ---------- NONE HAVE RFID ---------- //
    else
    {
      recv_id();
```

```
            if (ID_recv[1]=='a')   // no RFID. //
            {
                send_id(0);
            }
            if (ID_recv[1]=='c')
            {
                send_id(0);
            }
          }
          // -------------
      }
    }
// -----------------------
// ------------- mode V
    if(mode==1)
    {
      while(mode==1
      {
        if(input(PIN_
        {
          while(input
          {
            send_id(1);
            ch = getc();
            if(ch == 'B') mode=0;
          }
        }
        send_id(0);
        ch = getc();
        if(ch == 'B') mode=0;
```

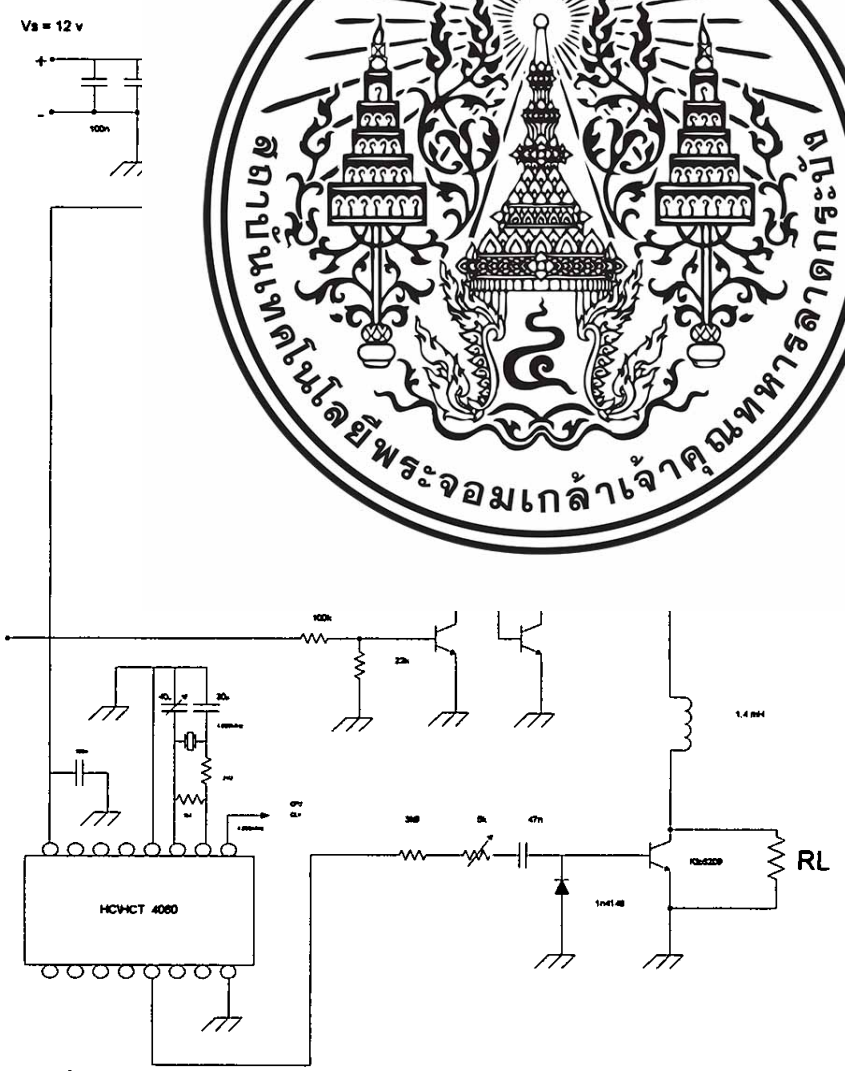
```
      }
    }
// ------------------------------------------------------ //
// ------------ mode recv id ------------------------------ //
    if(mode==2)
    {
      while(mode==2)
      {
        recv_id();
        ch = getc();
        if(ch=='E')
        {
          mode=0;
        }
      }
      write_eeprom((
      write_eeprom(1
      write_eeprom(2
      write_eeprom(3
    }
// ----------------------
  }
}
```

บทที่ 7 การทดลอง และ สรุปผล

ในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการทดลองการทดสอบวงจร ในส่วนต่างเพื่อที่จะหาข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับการพัฒนาวงจรและเป็นแนวทางในการศึกษา หลักการทำงานของระบบการสื่อสารไร้สายเพื่อพัฒนาประเทศด้านวิศวกรรมศาสตร์ ให้มีความก้าวหน้าขึ้น

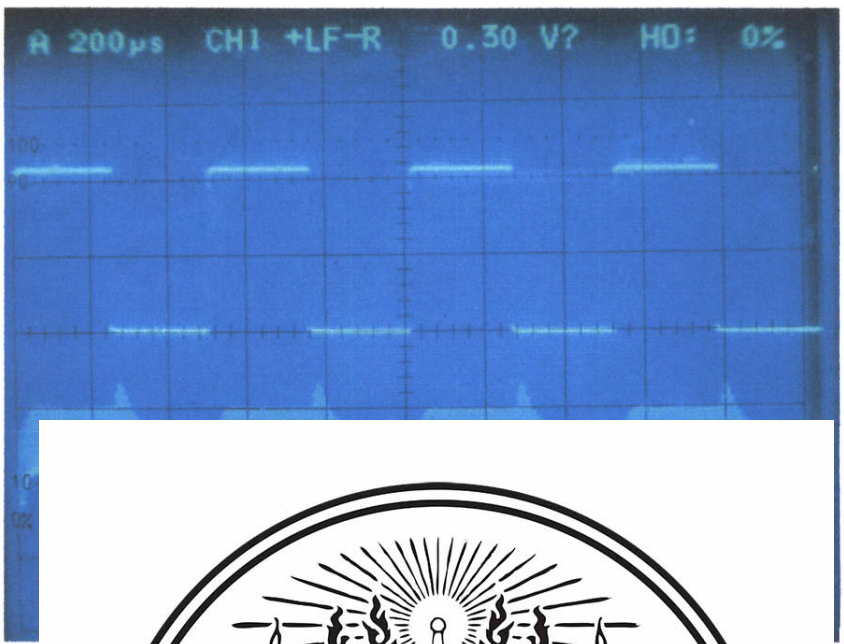
7.1 การทดลอง ในส่วนของเพาเวอร์แอมป์ 125kH$_z$

เป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบว่าเพาเวอร์แอมป์ มีกำลังเพียงพอ เพื่อขับขดลวดของเครื่องอ่านให้ส่งถ่าย ลไป ให้กับเครื่องอ่านได้



รูปที่ 7.1 แสดงวงจร เพาเวอร์แอมป์ และวงจร Modolator และวงจรหารความถี่

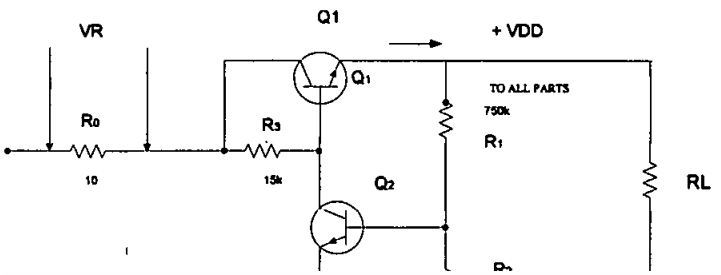
รูปที่7.3 ภาพแสดงสัญญาณ 125 kH ของวงจรหารความถี่



รูปที่7.4 รูป ที่ได้
จา

รูปที่7.5 รูปสัญญาณเปรียบเทียบข้อมูลจาก เครื่องลูกข่าย1100000000 กับ สัญญาณที่ได้จากภาคดีมอดูเลเตอร์

7.2 การทดลอง Tag Voltage Regulator



โดยแบ่งออกเป็น

1. Load Re

คือการทดส

1.667k

1.25k , 1k ,

องดัง

ตาราง

RL	VRL(V)	VR10(mv)
1	4.36	10
2	4.35	16
3	4.35	27.1
4	4.34	35.7
5	4.33	44.4
6	4.33	52.8

ตารางที่ 7.1 R3 =15K Ω

RL	VRL(V)	VR10(mv)
1	4.24	9.0
2	4.23	17.4
3	4.23	25.7
4	4.22	34.1
5	4.22	42.4
6	4.22	50.6

ตารางที่ 7.2 R3 เป็น LM 334

2. Line Regulator Test Condition

คือการทดลองเปลี่ยนแรงดัน จาก 7V ถึง 25 V โดยเพิ่มทีละ 3V ทำการทดลองกับค่าความต้านทาน 2 ค่า คือ 1.667K Ω และ 833 Ω ได้ผลการทดลองดังตารางด้านล้างนี้

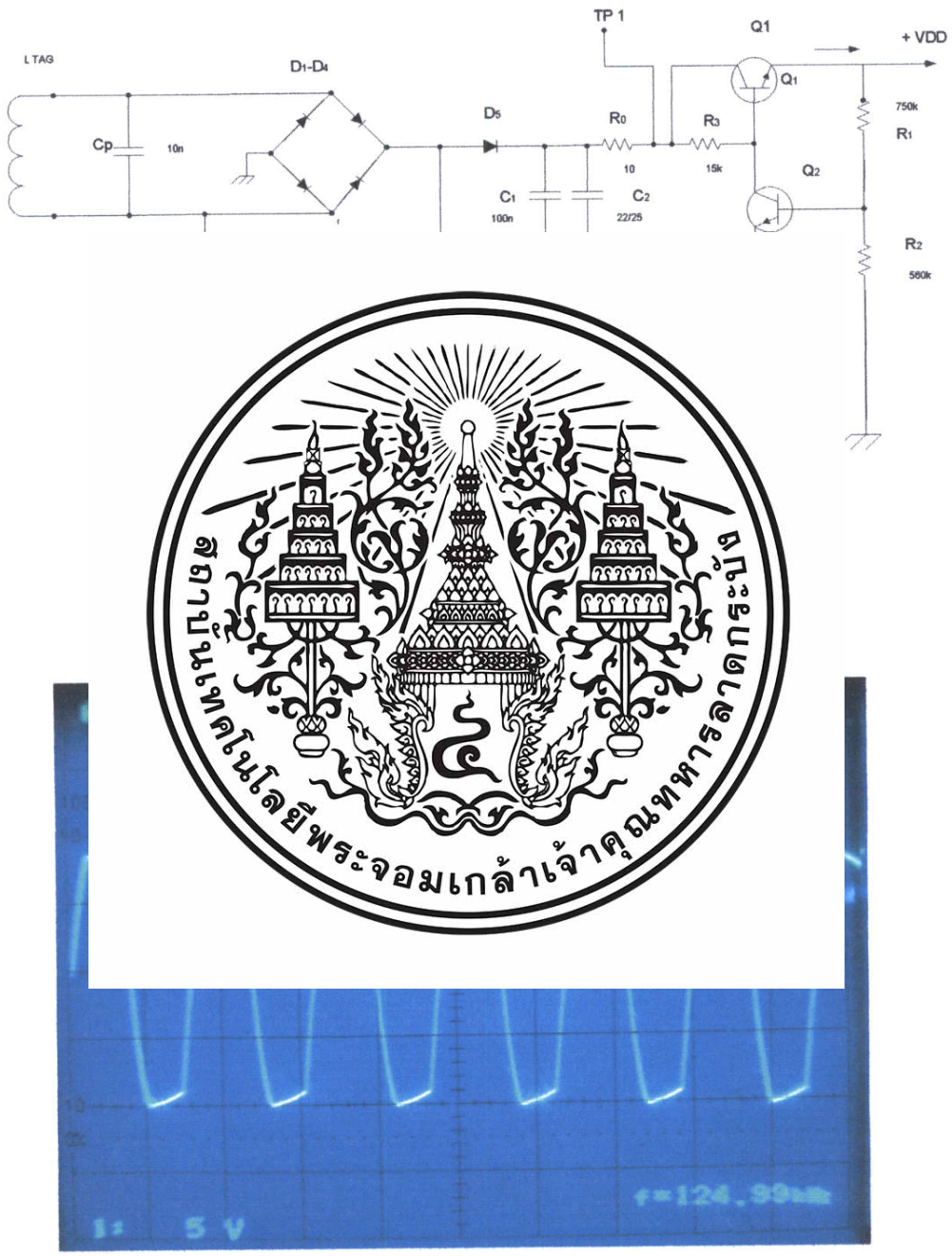
ที่ RL = 833 Ω

V_{in}							25
VRL(V)							5.5
VR10(โฮห์ม)							8.2

ที่ RL = 1.6

V_{in}							
VRL(V)	4						5
VR10(โฮห์ม)	2						4

7.3 การทดลองส่งผ่านกำลังจาก Reader TO TAG



รูป 7.8 สัญญาณที่วัดได้จาก COIL TAG

ตารางวัดค่าการส่งผ่านกำลังงาน Reader TO Tag

ค่า RL = 860 Ω

ระยะทาง (cm)	TP 1 (V)	VRL (V)	P (mw)
0	20.1	4.23	20.8
0.5	18.1	4.23	20.8

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เราสามารถเราสามารถส่งข้อมูลจาก Tag ไปยัง Reader จริง โดยในการทดลองขั้นแรกเป็นการทดลองส่งผ่านกำลังงานจาก Reader ไป Tag เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานของวงจรต่างๆของ Tag ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่าระยะทางที่วงจรยังสามารถทำงานอยู่ได้มีค่าประมาณ 0 – 2.5 cm แล้ว เราทำการทดลองการส่งข้อมูลจาก Tag ไป Reader จากการทดลอง เราสามารถส่งข้อมูลได้จริง โดยที่ข้อมูลยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเราสามารถสรุปได้ว่า วงจรที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งาน

วิจารณ์การทดลอง

การคำนวณ ให้วงจร

โดยรวมได้รับผลกระ

ผลของตัวอุ

การปรับค่า

เครื่องมือที่ใ

บรรณานุกรม

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, “RFID”, วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 279, 2548, หน้า 156-166.

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, “RFID”, วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 280, 2548, หน้า 167-177.

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, “RFID”, วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 282, 2548, หน้า 164-174.

ไพโรจน์ ไววานิชกิ

หน้า 151-1

ไพโรจน์ ไววานิชกิ

หน้า 148-1

เดชฤทธิ์ มณีธรรม, เพิมพ์,

345 หน้า, 2

Klaus Finkenzeller,

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง