



รายงานฉบับสมบูรณ์

Final Report

วงจรรวมอนาล็อกที่ใช้กำลังงานต่ำสำหรับสภาพแวดล้อมอัจฉริยะ
Low power analog integrated circuits for ambient intelligence

รศ.ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์

นาย กิตติพงษ์ รงค์สวัสดิ์

RCH Assoc. Prof. Dr. Apinunt Thanachayanont

TK

Mr. Kittipong Rongsawat

7874.654

02573

เลขหมู่.....

83630

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี...10 ก.ย. 2551

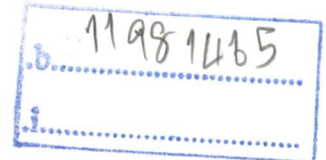
ห้องปฏิบัติการวิจัย อุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์
โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กันยายน พ.ศ. 2549

Microelctronic Devices R&D Laboratory
Research Center for Communications and Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

September 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่เอื้อเพื่อสถานที่ที่ใช้ในการวิจัยและเครื่องมือโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองผลการทำงานขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและเพื่อนที่ร่วมงานในการแนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (Research Center for Communications and Information Technology : ReCCIT) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 วงเงินงบประมาณ 81,068 บาท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุปย่อ

งานวิจัยเรื่องวงจรรวมอนาล็อกที่ใช้กำลังงานต่ำสำหรับสภาพแวดล้อมอัจฉริยะ เป็นงานวิจัยที่ทำการออกแบบวงจรรวมอนาล็อกที่มีการใช้กำลังงานต่ำ โดยมุ่งเน้นไปที่วงจรมอนอล็อกส่วนหน้าอาร์เอฟไอดี ยานความถี่สูงยิ่งของแท็กแบบแพสซีฟ (UHF RFID Passive Tag) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการศึกษาความหมายของระบบอาร์เอฟไอดีว่าหลักการทำงาน มีข้อดีข้อเสีย และ ส่วนประกอบต่างๆ เป็นอย่างไร มีการใช้ยานความถี่เท่าไรบ้าง เพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบวงจรมอนอล็อก หลังจากที่ได้ทำการศึกษาความหมายของระบบอาร์เอฟไอดี ก็จะทำการศึกษาระบบอาร์เอฟไอดีที่มีการใช้ยานความถี่สูงยิ่ง (UHF RFID) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์หลักการรับส่งกำลังงานและข้อมูลของระบบอาร์เอฟไอดี ยานความถี่สูงยิ่ง สมการของกำลังงานที่เกิดขึ้นที่ระยะทางต่างๆ จากฝั่งส่งถึงฝั่งรับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบวงจรฝั่งรับหรือวงจรมอนอล็อกส่วนหน้าอาร์เอฟไอดีของแท็กแบบแพสซีฟ ซึ่งในตัวแท็กจะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอนาล็อก (Analog) และ ดิจิตอล (Digital) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและออกแบบแต่เพียงวงจรมอนอล็อก ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ดังนี้ วงจรคูณแรงดัน (Voltage Multiplier) วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulator) วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference) วงจรอสซิลเลเตอร์ (Oscillator) วงจรรีเซ็ต (Power on Reset) วงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator) และ วงจรดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) โดยจะทำการศึกษากฎการทำงานของแต่ละวงจร และ สมการของแต่ละวงจรเพื่อให้วงจรมอนอล็อกที่ได้มีการใช้กำลังงานต่ำ

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาและออกแบบวงจรมอนอล็อกส่วนหน้าอาร์เอฟไอดี ยานความถี่สูงยิ่ง ในขั้นต่อไปจะต้องทำการจำลองผลการทำงานที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Cadence Specter ในการออกแบบและจำลองผลการทำงาน โดยได้ใช้โปรแกรม Cadence Specter จำลองผลการทำงานแต่ละวงจรมอนอล็อกก่อน หลังจากนั้นก็ได้ใช้โปรแกรม cadence Specter จำลองผลการทำงานของระบบ โดยมีรูปแบบการจำลองการทำงานของอินพุตของข้อมูลตามมาตรฐาน EPC Global Generation 2 Class-0 UHF RFID

สุดท้ายเป็นการนำเสนอสรุปและข้อเสนอแนะ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวงจรมอดูลที่ใช้กำลังงานต่ำสำหรับสภาพแวดล้อมอัจฉริยะ โดยมุ่งเน้นทำการศึกษาวงจรมอดูลส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งแบบแพสซีฟ โดยการออกแบบวงจรมอดูลส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งแบบแพสซีฟประกอบด้วย วงจรคูณแรงดัน, วงจรรักษาระดับแรงดัน, วงจรรีเซต, วงจรริงออสซิลเลเตอร์, วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง, วงจรดีมอดูเลเตอร์และวงจรมอดูเลเตอร์ที่มีการจำลองการทำงานบนเทคโนโลยีซีมอส 0.35 μm โดยวงจรมอดูลทำงานที่ กำลังงานอินพุตต่ำสุดมีค่าเป็น 240 μw ซึ่งวงจรถังหมดใช้กำลังงานเพียง 1.2 μw



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research project presents low power analog integrated circuits for ambient intelligence. It describes the design of an ultra low power analog front-end circuitry for UHF passive RFID transponder. The overall circuits include voltage multiplies, voltage regulator, power-on-reset, oscillator, voltage reference, demodulator and modulator. Simulation results using a $0.35\mu\text{m}$ CMOS process parameters show that the analog front-end can operate with the minimum input power $240\mu\text{w}$, while consuming only $1.2\mu\text{w}$.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทสรุปย่อ	II
บทคัดย่อ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการดำเนินการ	2
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เนื้อเรื่อง	3
2.1 แท็ก (TAG)	3
2.1.2 แท็กอาร์เอฟไอดีชนิดพาสซีฟ (Passive Tag)	5
2.1.2 แท็กอาร์เอฟไอดีแบบกึ่งพาสซีฟ (Semi-passive Tag)	5
2.1.3 แท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทีฟ (Active Tag)	5
2.2 เครื่องอ่าน (READER)	5
2.3 ความถี่ที่ใช้งานในระบบอาร์เอฟไอดี	6
2.4 การส่งผ่านกำลังงานของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่ง	7
2.5 การออกแบบวงจรอนุบาลออกส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบพาสซีฟ	9
2.5.1 วงจรคูณแรงดัน (Voltage Multiplier)	10
2.5.2 วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulator)	11
2.5.3 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference)	12
2.5.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)	15
2.5.5 วงจรรีเซ็ต (Power-on-Reset)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.5.6 วงจรดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator)	16
2.5.7 วงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator)	17
บทที่ 3 ผลการจำลองการทำงาน.....	19
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอนะ.....	21
บทที่ 5 บรรณานุกรม.....	22
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก สรุปผลงานภายใต้โครงการ.....	2

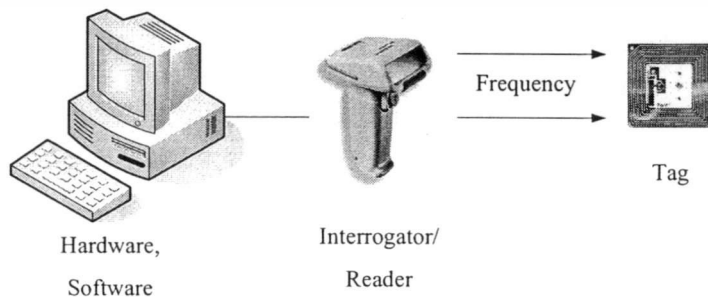


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบอาร์เอฟไอดี RF-ID ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีการระบุข้อมูลที่แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุหรือบุคคลด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ถูกพัฒนามาในยุค คริสต์ศักราช 1970 เพื่อวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ในการบ่งชี้วัตถุในระยะไกลได้ โดยมีจุดเด่นคือสามารถอ่านข้อมูลจากป้ายหรือแท็ก (Tag) ได้หลายๆ แท็กแบบไร้สัมผัสและสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงสั่นสะเทือน การกระแทกกระแทก และสามารถจะอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงโดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในแท็ก ในระบบอาร์เอฟไอดี จะมีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือ แท็กหรือทรานสปอนเดอร์ (Tag หรือ Transponder) ที่ใช้ติดกับวัตถุต่างๆ ที่เราต้องการ โดยแท็กนั้นจะประกอบด้วยสายอากาศ (Antenna) และไมโครชิป (Microchip) ที่มีการบันทึกหมายเลข (ID) หรือข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ ส่วนที่สองคือ เครื่องสำหรับอ่านแท็ก (Interrogator/Reader) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ถ้าเปรียบเทียบกับระบบอาร์เอฟไอดีกับระบบรหัสแท่ง (Barcode system) แท็กในระบบอาร์เอฟไอดีเปรียบเทียบกับรหัสแท่ง (Barcode) เครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดีเปรียบเทียบกับเครื่องอ่านรหัสแท่ง (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบคือ ระบบอาร์เอฟไอดี จะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการเขียนอ่าน ส่วนระบบแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ในการอ่าน โดยข้อเสียของระบบรหัสแท่งคือ การอ่าน(สแกน) เป็นการใช้แสงในการอ่านรหัสแท่ง ซึ่งจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือต้องอยู่ในแนวเส้นตรงกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และสามารถอ่านได้ที่ละรหัสในระยยะใกล้ๆ แต่ระบบอาร์เอฟไอดีมีความแตกต่างโดยสามารถอ่านรหัสจากแท็กได้โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวเส้นตรงกับคลื่นเพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านแท็กในระบบอาร์เอฟไอดียังสามารถอ่านได้ที่ละหลายๆ ป้ายในเวลาเดียวกัน โดยระยะในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าระบบรหัสแท่งอีกด้วย ส่วนที่สามได้แก่ ระบบประยุกต์ใช้งาน รวมถึงระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้งาน หรือระบบฐานข้อมูล



รูปที่ 1.1 ระบบอาร์เอฟไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. พัฒนาระบบอาร์เอฟไอดีที่มีการใช้ย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF RFID)
2. ศึกษาหาแนวทางออกแบบและพัฒนาแท็กแบบแพสซีฟในระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งให้มีการใช้กำลังงานต่ำ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและออกแบบระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งในอนาคตต่อไป

1.3 ขอบเขตการดำเนินการ

ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งแบบแพสซีฟ ทำการออกแบบวงจรอนุบาลอกส่วนหน้าอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งให้มีการใช้กำลังงานต่ำ ทำการศึกษาลักษณะการทำงานของวงจรแต่ละวงจรว่ามีการทำงานอย่างไร ทำการจำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม Cadence Specter ดูผลการจำลองการทำงานที่ได้รับว่ามีค่าตรงกับที่ต้องการหรือไม่

1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานของระบบอาร์เอฟไอดี เพื่อนำไปใช้เป็นหลักการในการออกแบบ
2. ศึกษาหลักการรับส่งข้อมูลและการส่งผ่านกำลังงานระหว่างแท็กกับเครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่ง
3. ศึกษาและพัฒนารูปแบบของอนุบาลอกส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งแบบแพสซีฟ
4. จำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม Cadence Specter สรุปและวิเคราะห์ผลการจำลองการทำงาน

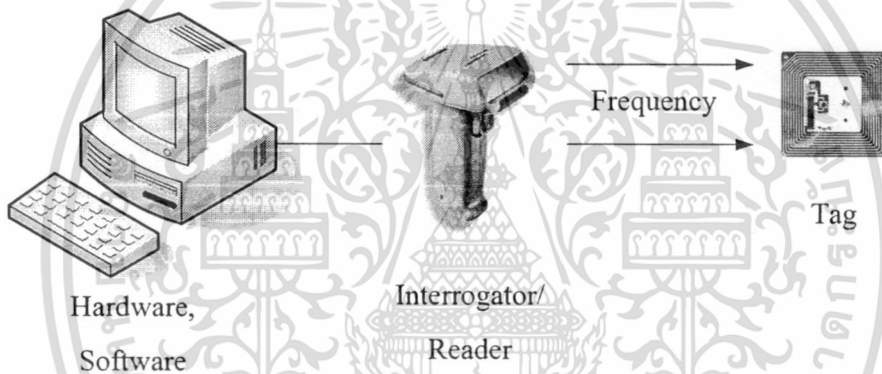
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่ง
2. มีความเข้าใจในการออกแบบวงจรอนุบาลอก
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งเพื่อนำมาใช้ในอนาคต

บทที่ 2

เนื้อเรื่อง

ระบบอาร์เอฟไอดี (RFID) ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีการระบุข้อมูลที่แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุหรือบุคคลด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency) ที่ถูกพัฒนามาในยุคคริสต์ศักราช 1970 เพื่อวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ในการบ่งชี้วัตถุในระยะไกลได้โดยมีจุดเด่นคือสามารถอ่านข้อมูลจากป้ายหรือแท็ก (Tag) ได้หลายๆ แท็กแบบไร้สัมผัสและสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้น แรงแสงสะท้อน การกระทบกระแทกและสามารถจะอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิป (Micro Chip) ที่อยู่ในแท็ก ในระบบอาร์เอฟไอดีจะมีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกัน ดังรูปที่ 2.1



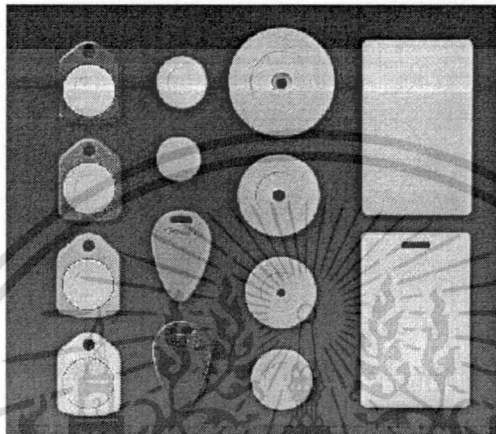
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบระบบอาร์เอฟไอดี

ส่วนแรกคือ แท็กหรือทรานสปอนเดอร์ (Tag หรือ Transponder) ที่ใช้ติดกับวัตถุสิ่งของต่างๆ ที่ต้องการ โดยแท็กนั้นจะประกอบด้วยสายอากาศและไมโครชิปที่มีการบันทึกหมายเลข (ID) หรือข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ ส่วนที่สองคือ เครื่องสำหรับอ่านแท็กด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (Reader หรือ Interrogator) ซึ่งระบบอาร์เอฟไอดีมีลักษณะคล้ายกับระบบรหัสแท่งหรือบาร์โค้ด (Barcode System) ในปัจจุบัน ถ้าเปรียบเทียบระบบอาร์เอฟไอดีกับระบบบาร์โค้ดสามารถให้แท็กในระบบอาร์เอฟไอดีเปรียบเทียบกับรหัสแท่ง (Barcode) เครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดีเปรียบเทียบกับเครื่องอ่านรหัสแท่ง (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบคือ ระบบอาร์เอฟไอดีจะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการเขียนอ่าน ส่วนระบบแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ในการอ่าน ข้อเสียของระบบรหัสแท่งคือ การอ่านหรือสแกน (Scan) เป็นการใช้แสงในการอ่านรหัสแท่งซึ่งจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง หรือต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกนและสามารถอ่านได้ที่ระยะใกล้ๆ แต่ระบบอาร์เอฟไอดีมีความแตกต่างโดยสามารถอ่านรหัสจากแท็กได้โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในแนวเส้นตรงกับคลื่นเพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ การอ่านแท็กใน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบอาร์เอฟไอดียังสามารถที่จะอ่านได้ที่ละหลายๆ แท็กในเวลาเดียวกัน โดยระยะเวลาในการอ่านข้อมูลได้ไวกว่าระบบรหัสแท่งอีกด้วย ส่วนที่สามคือ ระบบประยุกต์ใช้งาน รวมถึงระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้งาน หรือระบบฐานข้อมูล

2.1 แท็ก (TAG)



รูปที่ 2.2 แท็ก

โครงสร้างภายในของแท็กจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ส่วนของไมโครชิปที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ เช่น รหัสสินค้า และขนาดของวัตถุหรือแบบต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับ - ส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างสัญญาณป้อนให้กับส่วนของไมโครชิป โดยทั่วไปตัวแท็กอาจอยู่ในรูปแบบที่เป็นกระดาษ แผ่นฟิล์ม พลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่างๆกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาผลิต และมีหลายรูปแบบ เช่น บัตรเครดิต เหรียญ กระดุม จลาตสินค้า แคลปซูล หรือป้าย เป็นต้น ดังแสดงได้ในรูปที่ 2.2 ทั้งนี้สามารถแบ่งชนิดของแท็กที่มีการใช้งานกันอยู่ 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ แท็กแบบพาสซีฟ (Passive) กึ่งพาสซีฟ (Semi) และแอ็กทีฟ (Active) นอกจากการแบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้วสามารถที่จะแบ่งประเภทของแท็กจากรูปแบบการอ่านและหรือการบันทึกของข้อมูลได้เป็น 3 แบบคือ แท็กชนิดที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้หลายครั้ง (Read-Write) แท็กชนิดที่เขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างหลายครั้ง (Single Write) และแท็ก ชนิดอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read -Only) หรือสามารถแบ่งชนิดของแท็กตามคลื่นความถี่ของการใช้งาน เช่น แท็กย่านความถี่ต่ำ แท็กย่านความถี่สูง แท็กย่านความถี่สูงยิ่ง และแท็กย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งสามารถอธิบายข้อแตกต่างระหว่างแท็กชนิดต่างๆ ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรบ้างในหัวข้อที่ 2.1.1-2.1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 แท็กอาร์เอฟไอดีชนิดพาสซีฟ (Passive Tag)

แท็กชนิดนี้ทำงานได้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใดๆ เพราะภายในแท็กจะมีวงจรกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก ระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 m ขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องส่ง (Transmit Power) และความถี่พาหะของคลื่นความถี่วิทยุ (Carrier Frequency) ที่ใช้ โดยปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำน้อย โดยทั่วไปประมาณ 16-1,024 byte มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไมโครชิปหรือไอซี (IC) ของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นได้ตั้งแต่แบบแท่ง หรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดการใช้งานที่แตกต่างกัน ทั่วไปโครงสร้างภายในส่วนที่เป็นไมโครชิปของแท็กนั้นก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนควบคุมการทำงานของแอนะล็อกส่วนหน้า (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคดิจิทัล (Digital Control Unit) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM

2.1.2 แท็กอาร์เอฟไอดีแบบกึ่งพาสซีฟ (Semi-passive Tag)

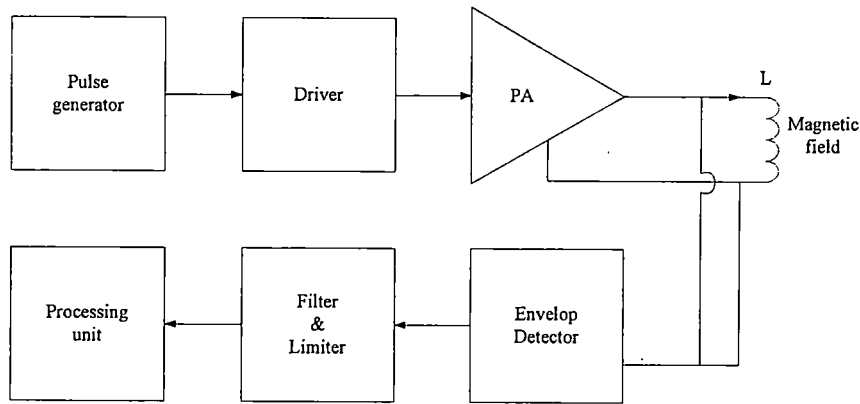
แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก ทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ระยะไกลกว่าแท็กแบบพาสซีฟเพื่อประหยัดพลังงาน ตัวแท็กจะรอสัญญาณกระตุ้นให้ทำงานจากเครื่องอ่านแล้วจึงจะส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่าน

2.1.3 แท็กอาร์เอฟไอดีแบบแอ็กทีฟ (Active Tag)

แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายกำลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน โดยแท็กแบบนี้สามารถมีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 100 m แต่มีข้อเสียคือ แท็กแบบนี้จะมีราคาต่อหน่วยสูง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีอายุการใช้งานที่จำกัดตามอายุของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีอายุการใช้งานประมาณ 3-7 ปี แท็กสามารถส่งสัญญาณออกมาเองได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น การตั้งเวลา หรือเมื่อกรณีที่มีเหตุอันควรตามที่โปรแกรมเอาไว้ หรือเมื่อได้รับสัญญาณสอบถามจากเครื่องอ่าน

2.2 เครื่องอ่าน (READER)

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือ การเชื่อมต่อเพื่ออ่าน-เขียนข้อมูลลงในแท็กด้วยคลื่นความถี่วิทยุภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย สายอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดง เพื่อใช้รับ-ส่งสัญญาณ ภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ และวงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูลซึ่งมักจะเป็นวงจรจำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี

จากรูปที่ 2.3 แสดงโครงสร้างภายในเครื่องอ่านอาร์เอฟไอดี เครื่องอ่านในระบบอาร์เอฟไอดีมีองค์ประกอบหลักเริ่มจากส่วนกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Pulse generator) ความถี่คลื่นพาหะเพื่อส่งสัญญาณไปยังภาคขับ (Driver) เพื่อเพิ่มสมรรถนะในการขับไปยังภาคขยายกำลัง (Power Amplifier, PA) ซึ่งทำหน้าที่ขับกระแสสัญญาณต่อไปยังขดลวดหรือสายอากาศ เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) หรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic Field) เพื่อทำการเชื่อมโยงไปยังส่วนแท็ก ขณะเดียวกันส่วนขดลวดหรือสายอากาศดังกล่าวก็จะทำหน้าที่รับสัญญาณสนามแม่เหล็กหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสัญญาณคลื่นวิทยุที่ถูกมอดูเลตเชิงขนาด จากข้อมูลจำเพาะของส่วนแท็ก ซึ่งส่วนตรวจจับขอบสัญญาณ (Envelop Detector) ที่ทำงานร่วมกับส่วนขยายสัญญาณแบบต่ำผ่าน (Filter and Limiter) ก็จะแยกข้อมูลออกจากสัญญาณคลื่นพาหะขยายจนกระทั่งได้ระดับสัญญาณของข้อมูลตามมาตรฐานลอจิก เพื่อส่งต่อเข้าส่วนประมวลผลข้อมูล (Process unit) ต่อไป โดยทั่วไปหน่วยประมวลผลข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่องอ่านนิยมใช้ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งทำหน้าที่ใช้เขียนอัลกอริทึมที่จะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล (Decoding) ที่ได้รับ และทำหน้าที่สื่อสารกับส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยลักษณะขนาดและรูปร่างของเครื่องอ่านจะแตกต่างกันไปตามประเภทการใช้งานเช่น แบบมือถือขนาดเล็กหรือติดตั้งจนไปถึงขนาดใหญ่เท่าประตู เป็นต้น

2.3 ความถี่ที่ใช้งานในระบบอาร์เอฟไอดี

ในปัจจุบันความถี่ที่ใช้งานกันในระบบอาร์เอฟไอดีจะอยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็นความถี่ที่กำหนดให้ใช้งานในย่านอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยไม่ตรงกับย่านความถี่ที่ใช้งานในการสื่อสารทั่วไปสำหรับ คลื่นความถี่ที่ใช้งานในระบบอาร์เอฟไอดี อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ย่านความถี่ใช้งานหลัก ได้แก่

ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency: LF) ต่ำกว่า 150 กิโลเฮิร์ตซ์ (kHz)

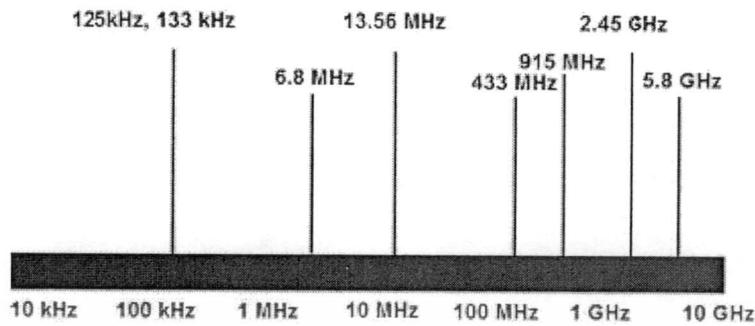
ย่านความถี่สูง (High Frequency: HF) 13.56/27.125 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)

ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency: UHF) 433/868/915 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่ไมโครเวฟ (Microwave Frequency) 2.45/5.8 กิกะเฮิร์ตซ์ (GHz)



รูปที่ 2.4 แสดงย่านความถี่ระบบอาร์เอฟไอดีถูกใช้งาน

การใช้ย่าน 2 ย่านความถี่แรกจะเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลใกล้ ย่านความถี่ต่ำ(LH) ระยะอ่านประมาณ 10-20 cm นิยมนำมาใช้กับงานเช่น การควบคุมการเข้าออกสถานที่ และการลงทะเบียนสัตว์ เป็นต้น ย่านความถี่สูง (HF) ระยะอ่านประมาณ 1 m เหมาะสำหรับการใช้งาน เช่น บัตรเอนกประสงค์แบบไร้สัมผัส หนังสือเดินทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ย่านความถี่สูงยิ่ง (UHF) ถูกนำมาใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลไกล ระยะการอ่านประมาณ 1-10 m เช่น ระบบเก็บค่าบริการทางด่วน ระบบขนส่งสินค้า เป็นต้น

2.4 การส่งผ่านกำลังงานของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่ง

ในระบบอาร์เอฟไอดีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีหลักการส่งผ่านกำลังงานระหว่างแท็กกับเครื่องอ่านออกเป็น 2 หลักใหญ่ๆ คือ การส่งผ่านกำลังงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็กมีขดลวดเป็นตัวกลางกับการส่งผ่านกำลังงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสายอากาศเป็นตัวกลาง ในการออกแบบระบบอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งจะมีการใช้การส่งผ่านกำลังงาน โดยใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสายอากาศเป็นตัวกลาง เนื่องจากความถี่คลื่นพาหะที่ใช้มีค่าสูงทำให้สามารถนำสายอากาศขนาดเล็กมาใช้งานได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ถึงสมการของกำลังงานที่แท็กสามารถรับได้ที่ระยะทางต่างๆ จากสายอากาศของเครื่องอ่านถึงสายอากาศของแท็ก โดยทั่วไปในระบบอาร์เอฟไอดีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกปล่อยจากสายอากาศของเครื่องอ่านไปสายอากาศของแท็ก และจะเกิดการดูดกลืน (Absorption) กับการสะท้อนกลับ (Reflection) จากสายอากาศของแท็กมายังสายอากาศของเครื่องอ่าน ซึ่งกำลังงานที่แผ่ออกไปจากเครื่องอ่านจะถูกส่ง โดยสายอากาศของเครื่องอ่าน ซึ่งความหนาแน่นของกำลังงานที่แผ่ไปจากเครื่องอ่านมีค่าเป็นดังสมการที่ 2.1

$$S_{reader} = \frac{g_{reader} P_{reader}}{4\pi r^2} = \frac{EIRP}{4\pi r^2} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.1 จะเห็นว่าค่าความหนาแน่นของกำลังงานที่แผ่ออกไปจะลดลงตามระยะทางที่ห่างออกไป ซึ่งจากสมการ 2.1 ค่าความหนาแน่นของกำลังงานสามารถหาค่ากำลังงานที่แท็กสามารถรับได้จากสมการที่ 2.2

$$P_{tag} = S_{reader} A_{e_tag} \quad (2.2)$$

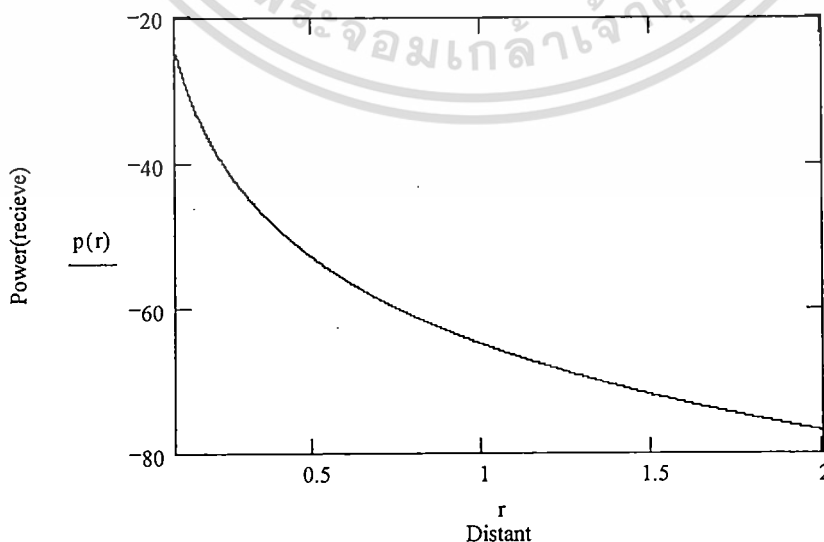
โดยค่า A_{e_tag} เป็นประสิทธิภาพของสายอากาศซึ่งมีค่าเป็นดังสมการที่ 2.3

$$A_{e_tag} = \frac{g_{tag_ant} \lambda^2}{4\pi} \quad (2.3)$$

ดังนั้นจากสมการที่ 2.1 2.2 และ 2.3 สามารถนำมาเขียนใหม่เพื่อหาค่าของกำลังงานที่แท็กสามารถรับได้ที่ระยะทางต่างกันได้เป็นสมการที่ 2.4

$$P_{tag} = EIRP \cdot g_{tag_ant} \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 = P_{reader} \cdot g_{reader} \cdot g_{tag_ant} \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \quad (2.4)$$

จากสมการที่ 2.4 สามารถคำนวณหาค่ากำลังที่แท็กสามารถรับได้ที่ระยะทางต่าง ๆ กันได้ โดยการกำหนดกำลังงานของเครื่องอ่านและอัตราขยายสายอากาศของเครื่องอ่านและแท็ก ซึ่งถูกกำหนดตามมาตรฐานต่างๆ ในแต่ละประเทศที่ใช้ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดกำลังงานที่ใช้ของเครื่องอ่านที่ส่งออกมาเป็นค่าเป็น 500 mv และอัตราขยายของสายอากาศเครื่องส่งและเครื่องรับมีค่าเป็น 1.64 dB ทำให้สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่แท็กได้รับกับระยะทางเป็นดังกราฟรูปที่ 2.5

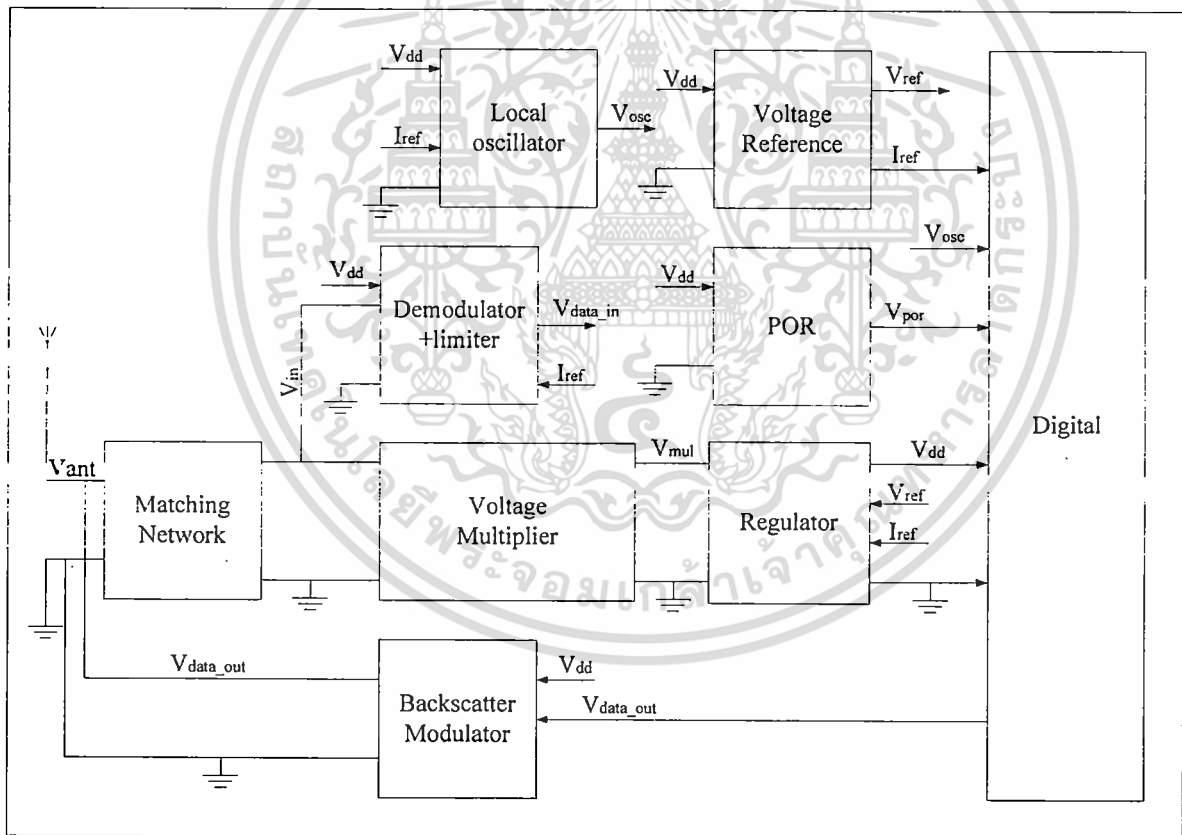


รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับกำลังที่แท็กสามารถรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการวิจัยในเพื่อนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การออกแบบวงจรถอนาลอกส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดีแบบแพสซีฟ

ในบทความนี้จะเป็นการนำเสนองานวิจัยการออกแบบวงจรถอนาลอกส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดี ย่านความถี่สูงยิ่งแบบแพสซีฟ[1-3] โดยในตัวแท็กของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งสามารถแบ่งออกเป็น ส่วนประกอบที่สำคัญได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นวงจรถอนาลอก กับ ส่วนที่เป็นวงจรดิจิทัล โดยส่วนที่เป็น วงจรถอนาลอกจะทำหน้าที่ในการถอดสัญญาณข้อมูลออกจากคลื่นความถี่ สร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น ในส่วนของดิจิทัลจะทำให้ที่ในการตรวจสอบเช็คข้อมูลที่รับมาว่ามีค่าอย่างไรถูกต้องหรือไม่ เพื่อประมวลผลและส่งข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่าน โดยในงานวิจัยนี้จะอธิบายถึงวงจรต่างๆ ที่ใช้ในส่วนของวงจรถอนาลอก ซึ่งเราสามารถแบ่งวงจรถอนาลอกได้เป็น 7 วงจรด้วยกัน ได้แก่ 1. วงจรคูณแรงดัน (Voltage Multiplier) 2. วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulator) 3. วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference) 4. วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) 5. วงจรรีเซ็ต (Power-on-Reset) 6. วงจรดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator) 7. วงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator)

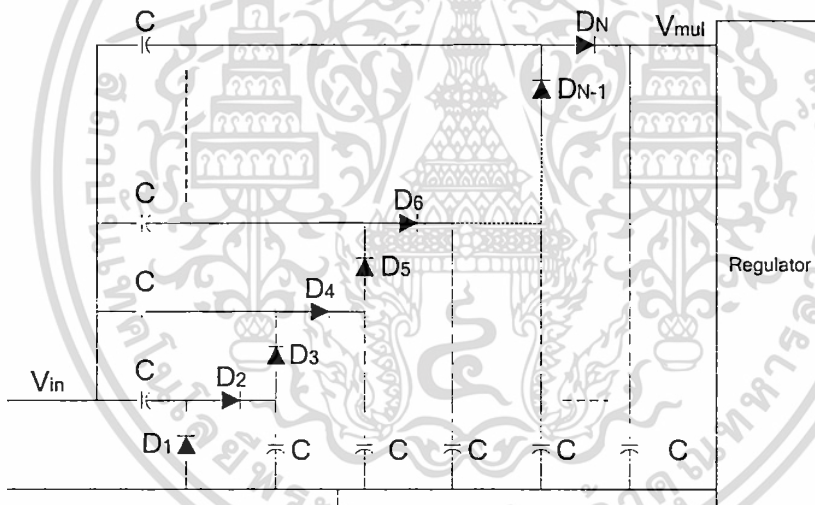


รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในแท็กแบบแพสซีฟ

จากรูปที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของแท็ก ซึ่งสามารถอธิบายหลักการทำงานต่างๆภายในวงจรได้โดยมีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่อเครื่องอ่านทำการส่งคลื่นความถี่วิทยุที่มีการมอดกับสัญญาณข้อมูลผ่านสายอากาศของเครื่องอ่านแม้ออกมา สายอากาศของแท็กจะทำการเหนี่ยวนำคลื่นความถี่วิทยุมาสร้างเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสและแรงดัน โดยอาจมีวงจรแมตซ์ซึ่งช่วยให้เกิดการส่งผ่านกำลังงานสูงสุดจากสายอากาศมายัง อินพุตอิมพีแดนซ์ของวงจร โดยวงจรมอดูลส่วนแรกของแท็ก คือ วงจรคูณแรงดันซึ่งทำหน้าที่ในการ สร้างดันที่คงที่ในกับแท็ก โดยแรงดันที่คงที่จะถูกควบคุมด้วยวงจรรักษาระดับแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ใช้ใน แท็กมีค่าเป็น 1.5 V โดยมีวงจรสร้างแรงดันอ้างอิงเป็นตัวควบคุม จากนั้นแรงดันที่สร้างขึ้นจะถูกป้อนไปยัง วงจรส่วนต่างๆ ทั้งหมดในตัวแท็ก หลังจากที่แท็กมีแรงดันที่พอเพียงแล้ว วงจรรีเซตจะทำหน้าที่ในการสร้าง ขอบสัญญาณขาตลงเพื่อทำการกระตุ้นวงจรในส่วนของดิจิตอลให้เริ่มทำงาน โดยข้อมูลจากวงจรดิจิตอลจะถูก นำมาจากวงจรดีมอดูเลเตอร์ วงจรดิจิตอลจะถูกควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาจากวงจร ออสซิลเลเตอร์ โดยความถี่ที่ใช้มีค่าเป็น 320 kHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้ในการอ่านข้อมูลที่ 160 kb/s ที่ใช้ในการ ออกแบบ ในการออกแบบวงจรส่วนต่างๆของวงจรมอดูลส่วนหน้าของแท็กอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูง ยิ่งจะถูกแสดงในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.5.1 วงจรคูณแรงดัน (Voltage Multiplier)



รูปที่ 2.7 วงจรคูณแรงดัน

ในรูปที่ 2.7 แสดงวงจรคูณแรงดันที่ประกอบด้วย N ชั้น ที่ทำหน้าที่ในการเพิ่มแรงดันซึ่งค่าแรงดันสามารถ ประมาณค่าได้จากสมการที่ 2.5

$$V_{mul} = N(V_{in} - V_D) \quad (2.5)$$

N เป็นจำนวนชั้นของวงจร

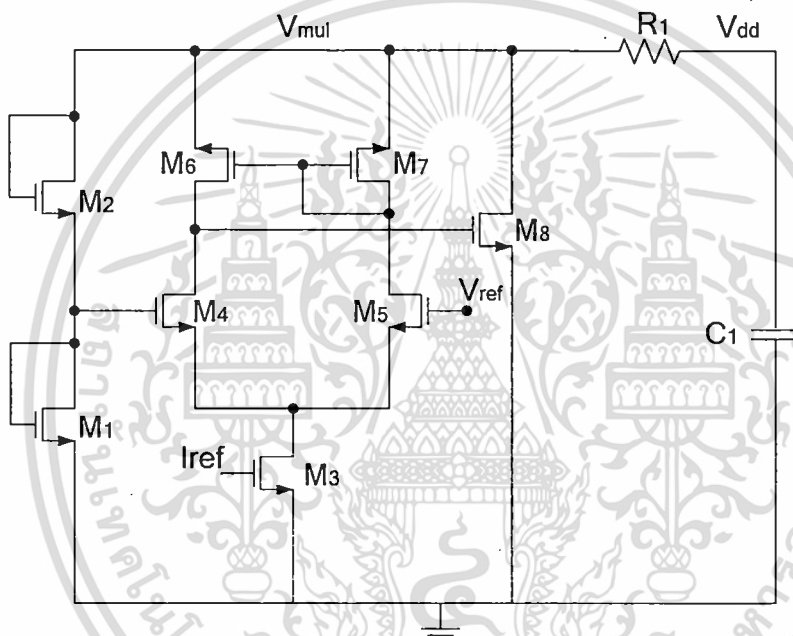
V_{in} เป็นแรงดันที่เกิดจากการเหนี่ยวนำมาจากสายอากาศ

V_D เป็นค่าแรงดันขั้วเริ่มของไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการออกแบบวงจรคุณแรงดันได้ทำการเลือกไดโอดที่เป็นซีจิกก็ได้โอด เนื่องจากความสามารถของแรงดันซีจิกเริ่มที่ต่ำและกระแสที่ต่ำกว่าไดโอดโดยทั่วไป ในการออกแบบนี้เราได้เลือกใช้ซีจิกไอโอดที่มีขนาด $1.2 \times 4.8 \mu\text{M}$ และจำนวนไดโอดที่ใช้ทั้งหมด 14 ตัว ซึ่งวงจรสามารถให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็น 1.5 V ที่โหลดมีการใช้กระแสไม่เกิน $2 \mu\text{A}$ และได้ทำการเลือกค่าตัวเก็บประจุแต่ละตัวในวงจรมีค่าเป็น 5 pF โดยคำนึงจากเงื่อนไขที่ว่าค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุที่ใช้ควรมีค่าน้อยกว่าอิมพีแดนซ์ของไอโอดเพื่อให้แรงดันตกคร่อมไดโอดมากกว่าตัวเก็บประจุ

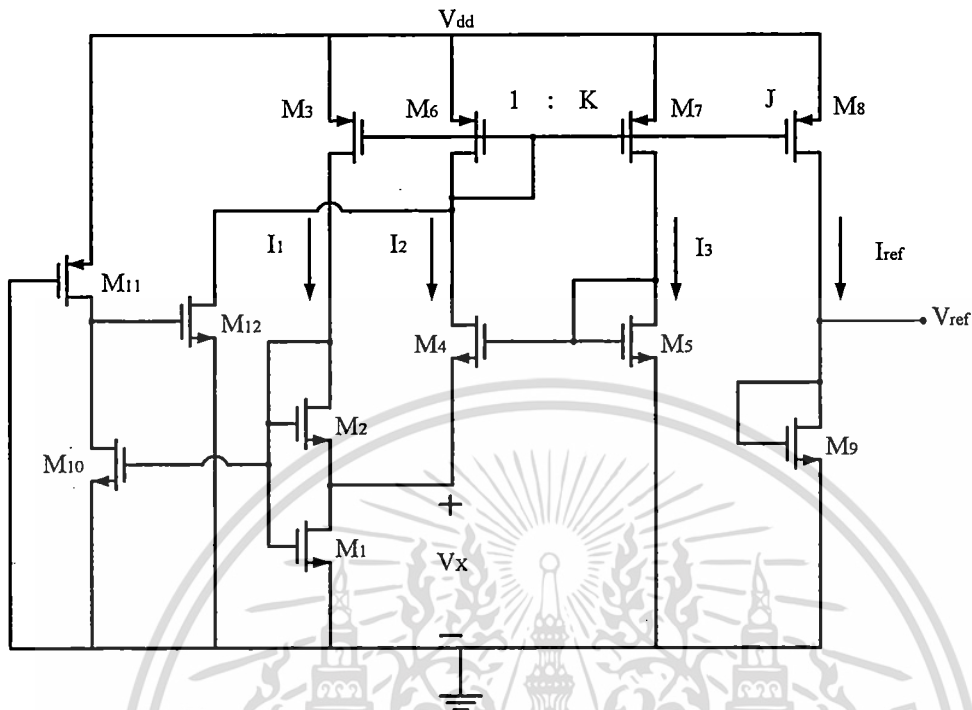
2.5.2 วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulator)



รูปที่ 2.8 วงจรรักษาระดับแรงดัน

ในรูปที่ 2.8 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดัน ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมแรงดันที่เกิดขึ้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่จะใช้งานในแท็ก โดยวงจรจะมี M1 และ M2 ต่อเป็นไดโอด เพื่อสร้างแรงดันเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่มีค่าประมาณ 700 mV ถ้าแรงดันที่ M1 เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงแล้ว จะทำให้ M8 เกิดการนำกระแสซึ่งเป็นผลให้แรงดันที่สร้างขึ้นลดลงมาในช่วงที่ใช้งานได้ หรือในกรณีตรงข้าม M1 มีค่าแรงดันน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงแล้ว M8 จะลดการนำกระแสลงเพื่อเพิ่มแรงดันมาในช่วงที่ใช้งานได้ แต่อย่างไรก็ตามแรงดันที่เกิดขึ้นควรมีค่านิ่งพอเพียงถึงจะสามารถนำไปใช้ในวงจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงทำการใส่วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) ก่อนนำแรงดันเข้าไปใช้ในวงจรต่างๆ ของแท็ก โดยตัวกรองความถี่ต่ำ C1 และ R1 ที่เลือกใช้มีค่าเป็น 600 pF และ 50 k Ω ตามลำดับ

2.5.3 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference)



รูปที่ 2.9 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง

ในรูปที่ 2.9 แสดงวงจรสร้างแรงดันอ้างอิง ที่นำไปใช้ในวงจรรักษาระดับแรงดัน[4] โดยวงจรสร้างแรงดันอ้างอิงที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติที่ว่าแรงดันเอาต์พุต จะไม่ขึ้นกับแหล่งจ่ายและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วงที่ใช้งาน โดยวงจรสร้างแรงดันอ้างอิงที่สร้างขึ้นนี้มีลักษณะพิเศษที่สำคัญคือมีการใช้กำลังงานที่ต่ำในระดับนาโนวัตต์ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาสมการแรงดันเอาต์พุตที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิได้ [5-7]

ถ้าให้มอสทรานซิสเตอร์มีการต่อแบบไดโอดซึ่งจะทำให้มอสทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านกระแสอิ่มตัวและมีค่าแรงดันที่เกิดขึ้นมีค่าเป็น

$$V_{gs} = V_t + \sqrt{\frac{2nI_D(T)}{\mu_n(T)c_{ox}(W/L)}} \quad (2.6)$$

จากสมการสมมติให้กระแสเดรน (Drain current) ของมอสทรานซิสเตอร์เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ $I_D(T)$ หลังจากนั้นทำการหาอนุพันธ์ของสมการที่ 2.6 กับอุณหภูมิจะได้เป็นสมการที่ 2.7

$$\frac{\delta V_{gs}}{\delta T} = \alpha_{vt} + \sqrt{\frac{2n}{c_{ox}(W/L)}} \left[\frac{\delta I_D(T)}{\delta T} \frac{1}{\mu_n(T)} + I_D(T) \frac{\delta(1/\mu_n(T))}{\delta T} \right] \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับใช้ในงานที่เกี่ยวกับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.7 ถ้าสามารถหาเงื่อนไขที่ทำให้ $\frac{\delta V_{gs}}{\delta T} = 0$ แล้วจะได้แรงดันเอาท์พุทที่เกิดขึ้นมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิหรือสามารถสร้างแรงดึงอ้างอิง

เพราะฉะนั้นในการสร้างแรงดันอ้างอิงเราจะเริ่มจากการหาสมการกระแสก่อน จากวงจรจะเห็นว่าจะเริ่มพิจารณาที่ทรานซิสเตอร์ M_1 ทำงานในย่านกระแสอิ่มตัว โดยมีสมการกระแสดังสมการที่ 2.8

$$I_{D_1} = k'(W/L)_1 \left[V_{g1} - \frac{n}{2} V_x - V_t \right] V_x \quad (2.8)$$

และทรานซิสเตอร์ M_2 จะทำงานในย่านไทรโอด (Triode) เพราะแรงดันที่ขาเกต (Gate) มีค่ามากกว่าแรงดันที่ขาเดนของมอสทรานซิสเตอร์ M_2 ซึ่งสามารถหากระแสได้ดังสมการที่ 2.9

$$I_{D_2} = \frac{k'(W/L)_2}{2n} (V_{g2} - nV_x - V_t)^2 \quad (2.9)$$

เมื่อ V_x เป็นแรงดันที่ขาซอกของมอสทรานซิสเตอร์ M_2 และเป็นแรงดันที่ขาเดนของมอสทรานซิสเตอร์ M_1 ซึ่งสามารถหาแรงดัน V_x ได้ดังสมการที่ 2.10 เมื่อให้มอสทรานซิสเตอร์ $M_4 - M_7$ ทำงานในย่าน Weak Inversion

$$V_x = V_{gs5} - V_{gs4} = U_T \ln \left(\frac{(W/L)_4 (W/L)_7}{(W/L)_5 (W/L)_6} \right) \quad (2.10)$$

ซึ่งจะเห็นว่าจากความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของการสะท้อนกระแส มอสทรานซิสเตอร์ M_5, M_6 และ M_8 สามารถหากระแส I_{D_1} และ I_{D_2} มีความสัมพันธ์กับ I_1, I_2 และ I_{ref} มีค่าดังสมการที่ 2.11 และ 2.12 ตามลำดับ

$$I_{D_1} = I_1 + I_2 = 2I_1 = \frac{2I_{ref}}{J} \quad (2.11)$$

และ

$$I_{D_2} = I_1 = \frac{I_{ref}}{J} \quad (2.12)$$

นำสมการกระแส I_{D_1} และ I_{D_2} แทนค่าลงในสมการที่ 2.11 กับ 2.12 จากทั้งสองสมการเกตของมอสทรานซิสเตอร์ M_1 และ M_2 มีค่าเท่ากับ V_x เนื่องจากถูกต้องร่วมกัน ถ้าสมมติให้มอสทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวมีค่า V_t เท่ากันสามารถหาความสัมพันธ์ใหม่ได้ดังสมการที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(V_{g1} - V_t) = (V_{g2} - V_t) \quad (2.13)$$

จากความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.13 กระแสที่เกิดขึ้นได้เป็นสมการที่ 2.14

$$\frac{2I_{ref}}{J\beta_1(W/L)_1} = V_x \sqrt{\frac{I_{ref} 2n}{J\beta_2(W/L)_2}} + \frac{nV_x^2}{2} \quad (2.14)$$

โดยในการออกแบบวงจรออกแบบให้แรงดันที่ขาเกต-ซอสของมอสทรานซิสเตอร์ M_1 มีค่าน้อยกว่า 100mV ดังนั้นในเทอมของ $\frac{nV_x^2}{2} \approx 0$ ซึ่งจะได้สมการการสร้างกระแสอ้างอิงมีค่าดังสมการที่ 2.15

$$I_{ref} = \frac{nJk'(W/L)_1^2 V_x^2}{2(W/L)_2} = \frac{nJk'(W/L)_1^2}{2(W/L)_2} \left[\frac{kT}{q} \ln \left(\frac{(W/L)_4(W/L)_7}{(W/L)_5(W/L)_6} \right) \right]^2 \quad (2.15)$$

จากรูปที่ 2.9 จะเห็นว่าแรงดันอ้างอิงเกิดจากแรงดันที่เกิดขึ้นจากเกต-ซอส ของมอสทรานซิสเตอร์ M_9 ซึ่งสามารถหาแรงดันที่เกิดเป็นดังสมการที่ 2.16

$$V_{ref} = V_{gs9} = V_{t0} + \alpha_w (T - T_0) + \sqrt{\frac{2n}{(W/L)_9}} \sqrt{\frac{I_{ref}}{k_n}} \quad (2.16)$$

แล้วหาอนุพันธ์เทียบกับอุณหภูมิจะได้ค่าใหม่เป็นดังสมการที่ 2.17

$$\frac{\delta V_{ref}}{\delta T} = +\alpha_w + \frac{n(W/L)_1 k}{q} \left(\frac{(W/L)_4(W/L)_7}{(W/L)_5(W/L)_6} \right) \quad (2.17)$$

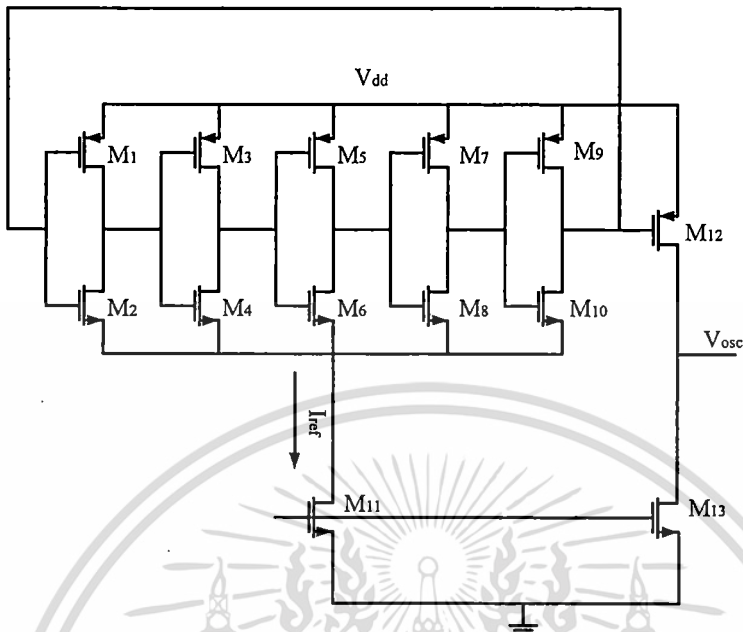
จากสมการแรงดันอ้างอิงจะมีค่าไม่ขึ้นกับอุณหภูมิก็ต่อเมื่อ $\frac{\delta V_{ref}}{\delta T} = 0$ หรือสามารถออกแบบวงจรให้สมการที่ 2.18 เป็นจริง

$$-\alpha_w = +\frac{n(W/L)_1 k}{q} \ln \left(\frac{(W/L)_4(W/L)_7}{(W/L)_5(W/L)_6} \right) \sqrt{\frac{J}{(W/L)_9(W/L)_2}} \quad (2.18)$$

โดยค่า $-\alpha_w$ มีค่าเป็น -2 mV/K ซึ่งสามารถออกแบบโดยการปรับค่า J หรือ เพื่อให้เงื่อนไขเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)



รูปที่ 2.10 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 2.10 เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณนาฬิกา เพื่อควบคุมในส่วนของดิจิทัล โดยสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นเกิดจากวงจรรออสซิลเลเตอร์ (Ring Oscillator) M1-M10 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาที่เกิดจากค่าหน่วงเวลา (Time delay) ที่ขึ้นกับขนาดของมอสทรานซิสเตอร์ ในการออกแบบสามารถหาความถี่ที่ต้องการได้จากสมการที่ 2.19

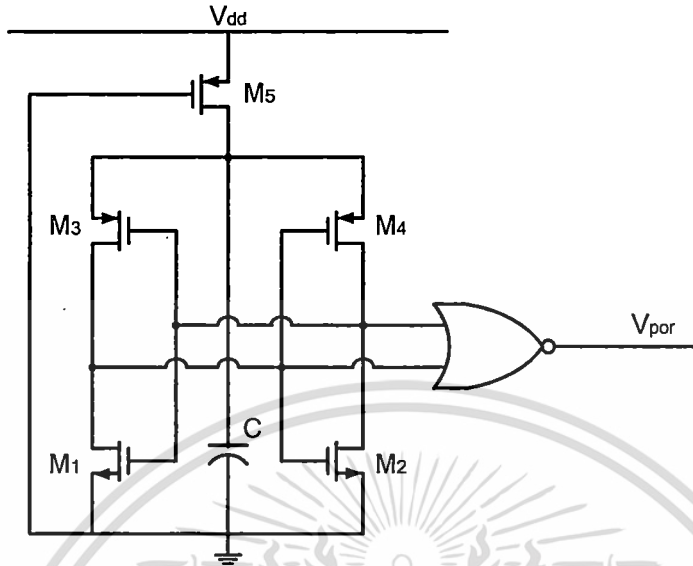
$$f_{max} = 2.2/T_D \quad (2.19)$$

ซึ่งค่าของ T_D มีค่าเป็นดังสมการที่ 2.20

$$T_D = 0.69RC \quad (2.20)$$

แต่เนื่องจากในการออกแบบวงจรต้องการค่ากระแสที่น้อย จึงจำเป็นต้องทำการควบคุมกระแสที่ใช้ในวงจร โดยมีการกำหนดกระแสที่ใช้ในวงจรด้วย M11 ซึ่งทำหน้าที่ในการสะท้อนกระแส ซึ่งในวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกานี้มี M12 กับ M13 ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตของแรงดัน

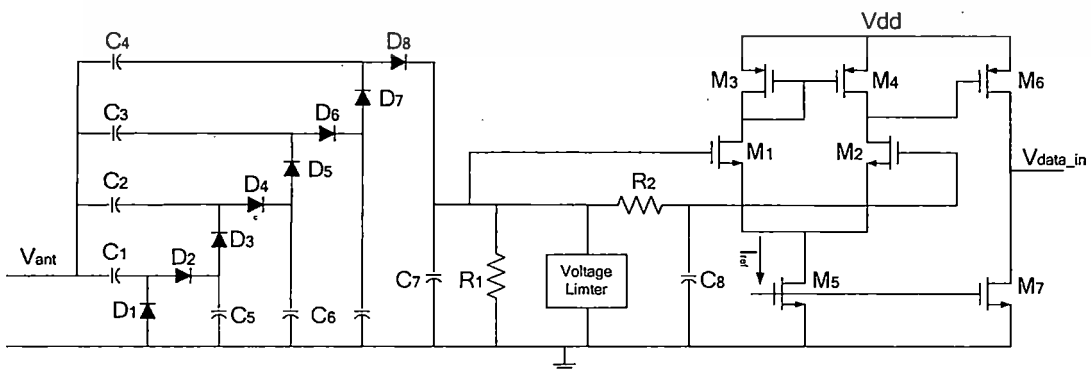
2.5.5 วงจรรีเซ็ต (Power-on-Reset)



รูปที่ 2.11 วงจรรีเซ็ต

รูปที่ 2.11 แสดงวงจรรีเซ็ต ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณรีเซ็ต[8] เพื่อกระตุ้นให้วงจรในส่วนของดิจิทัลเริ่มทำงานเมื่อแรงดันของแท่งมีค่าพอเพียงต่อการทำงานหรือก็คือแรงดันมีค่ามากกว่า 1.5 V โดยวงจรจะประกอบ ด้วยคู่ของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) กับนอร์เกต (Nor Gate) เมื่อเริ่มมีกำลังงานเข้ามาในตัวเท็ก กระแสจะไหลเข้าตัวเก็บประจุ C โดยค่า C จะเป็นตัวกำหนดเวลาในการหน่วงเวลาในการรีเซ็ต ซึ่งค่าตัวเก็บประจุที่ใช้เป็น 300 pF ดังนั้นแรงดัน Vpor จะค่อยๆ สูงขึ้น เมื่อแรงดันอินพุตของอินเวอร์เตอร์ M1 กับ M4 มีค่าเป็นสูง (High) จะทำให้เอาต์พุตเป็นต่ำ (Low) และ M2 กับ M3 จะมีอินพุตเป็นต่ำ และเอาต์พุตเป็นสูง ซึ่งจะทำให้จะทำให้แรงดันเอาต์พุตของนอร์เกตหรือ Vpor มีค่าเป็นต่ำ

2.5.6 วงจรดีมอดูเลเตอร์ (Demodulator)

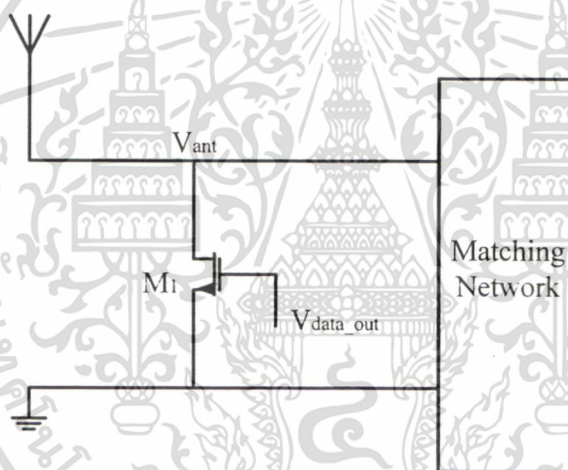


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.12 วงจรดีมอดูเลเตอร์นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รูปที่ 2.12 แสดงวงจรคิมมอดูเลเตอร์ ทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณข้อมูล โดยการรับเอาสัญญาณของข้อมูล มาแยกออกจากสัญญาณพาหะ โดยวงจรประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังนี้ วงจรคูณแรงดัน D1-D8 กับ C1-C6 เนื่องจากขนาดสัญญาณของอินพุตที่ระยะทางไกล มีค่าน้อยเกินไปอาจทำให้การตรวจจับสัญญาณเป็นไปได้ยากจึงจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของสัญญาณอินพุต จากนั้นจึงทำการกรองสัญญาณพาหะออกด้วย C7 กับ R1 ซึ่งมีค่าเป็น 5 pF กับ 200 kΩ ตามลำดับ โดยมีวงจรจำกัดแรงดันทำหน้าที่ที่ควบคุมไม่ให้แรงดันที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าแรงดันของแหล่งจ่ายที่ใช้ในวงจร ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นอินพุตแรกให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน หลังจากนั้นสัญญาณข้อมูลที่ทำกรกรองสัญญาณพาหะออกแล้วจะถูกส่งไปยังวงจรกรองความถี่ต่ำอีกครั้งด้วย C8 กับ R2 ซึ่งมีค่าเป็น 50 pF กับ 200 k เพื่อนำมาเป็นอินพุตที่สองในวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะทำการสร้างสัญญาณข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในส่วนดิจิทัล

2.5.7 วงจรมอดูเลเตอร์ (Modulator)



รูปที่ 2.13 วงจรมอดูเลเตอร์

รูปที่ 2.13 แสดงวงจรคิมมอดูเลเตอร์ ที่ทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณของข้อมูลกลับไปยังเครื่องอ่านโดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับ โดยการเปลี่ยนค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ โดยแรงดันที่แท็กสามารถรับได้มีค่าเป็นดังสมการที่ 2.21

$$P_{tag_IC_in} = \frac{V_{p-p}^2}{8R_{tag_ant}} \left(1 - \left| \frac{Z_{tag_IC} - Z_{tag_ant}}{Z_{tag_IC} + Z_{tag_ant}} \right|^2 \right) \quad (2.21)$$

ซึ่งจะเห็นว่าจากสมการถ้าเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของแท็ก Z_{tag_IC} จะทำให้กำลังที่แท็กได้รับได้มีค่าเปลี่ยนแปลง โดยกำลังที่แท็กได้รับได้จะสัมพันธ์กับกำลังที่สะท้อนกลับไปยังเครื่องอ่านดังสมการที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ $P_{tag_IC_in} = P_{tag_IC} - P_{tag_ref}$ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2.22) การคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ 2.22 จะเห็นว่าสามารถสร้างสัญญาณของข้อมูลจากเท็กลับไปยังเครื่องอ่านได้โดยการเปลี่ยนอินพุตอิมพีแดนซ์ซึ่งในการออกแบบเราเลือกให้มอสทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนอินพุตอิมพีแดนซ์ โดยควบคุมผ่านทางขาเกตของมอสทรานซิสเตอร์

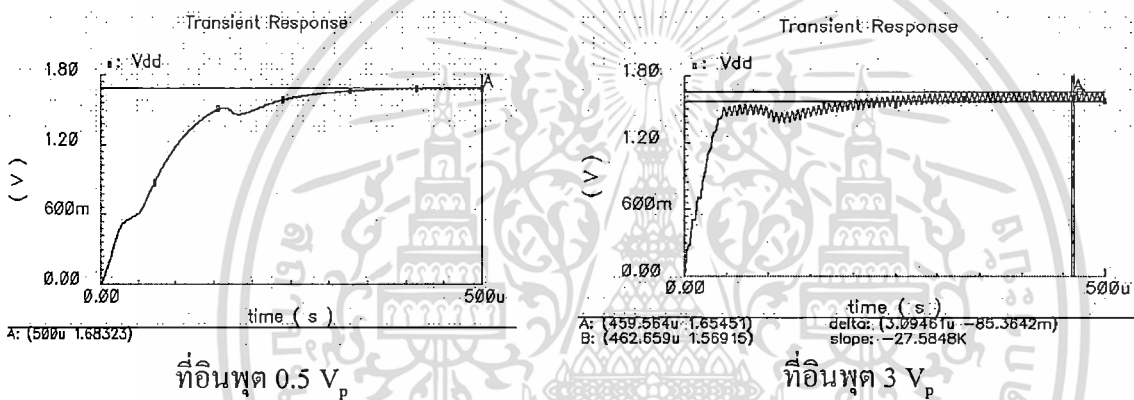


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

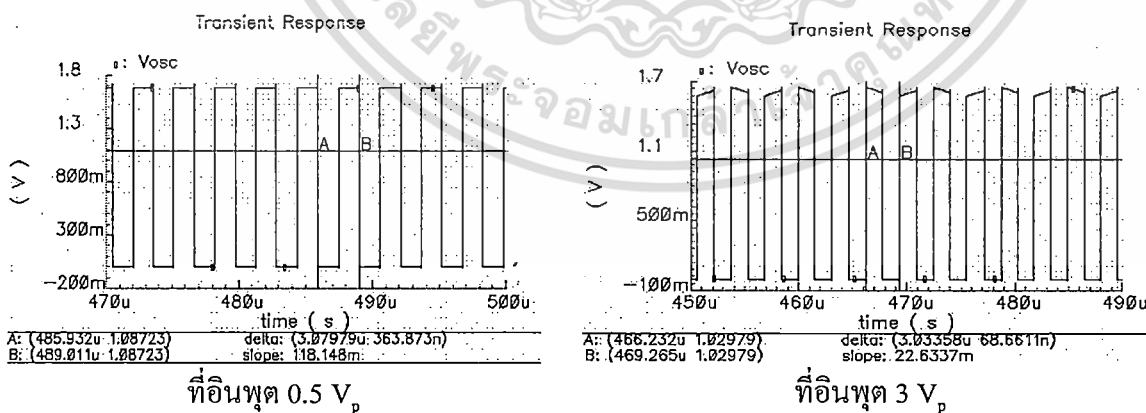
บทที่ 3

ผลการจำลองการทำงานและกายภาพ

ในการจำลองการทำงานเราได้ใช้โปรแกรม Cadence Specter ในการจำลองการทำงาน โดยวงจรถูกออกแบบบนเทคโนโลยีซีมอส 0.35 μm ซึ่งในการจำลองการทำงานเราสร้างสัญญาณอินพุตที่มีความถี่ 160 kb/s ทำการมอดกับสัญญาณพาหะ 900 MHz มาเป็นอินพุตสัญญาณให้วงจรแทนส่วนของสายอากาศและวงจรแมตซ์ซิ่ง การจำลองผลการทำงานที่เก็บสามารถทำงานที่แรงดันต่ำสุด 0.5 V_p และแรงดันสูงสุด 3 V_p จากกำลังงานของเครื่องส่งหรือเครื่องอ่าน 500 mw เข้าวงจรอนุภาคส่วนหน้าอาร์เอฟไอเดีย่นความถี่สูงยิ่ง ซึ่งสามารถแสดงกราฟอินพุตเอาท์พุตที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

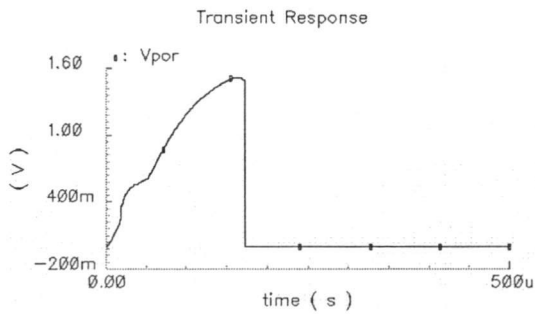


รูปที่ 2.14 กราฟแสดงแรงดันแหล่งจ่ายที่เหนี่ยวนำได้

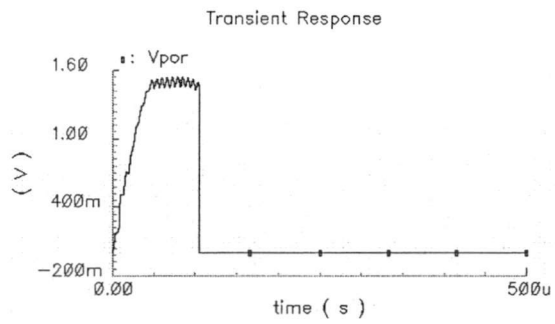


รูปที่ 2.15 กราฟแสดงสัญญาณนาฬิกาในตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

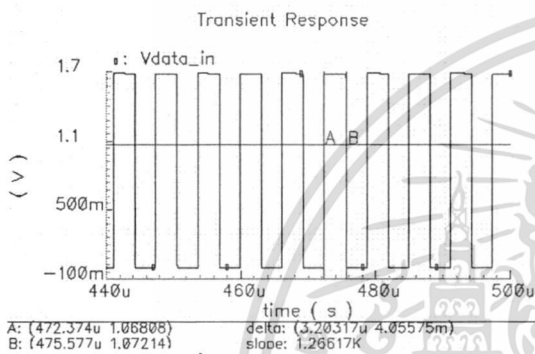


ที่อินพุต 0.5 V_p



ที่อินพุต 3 V_p

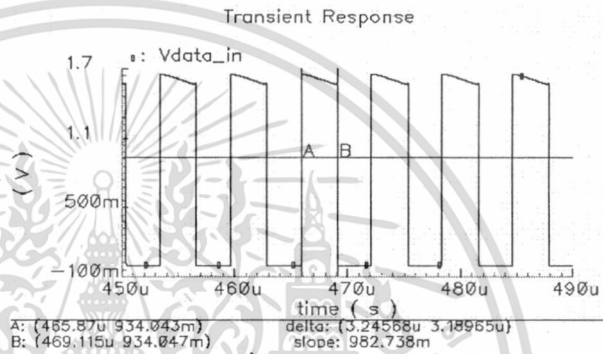
รูปที่ 2.16 กราฟแสดงสัญญาณวงจรรีเซต



ที่อินพุต 0.5 V_p

A: (472.374u 1.06808)
B: (475.577u 1.07214)

delta: (3.20317u 4.05575m)
slope: 1.26517K

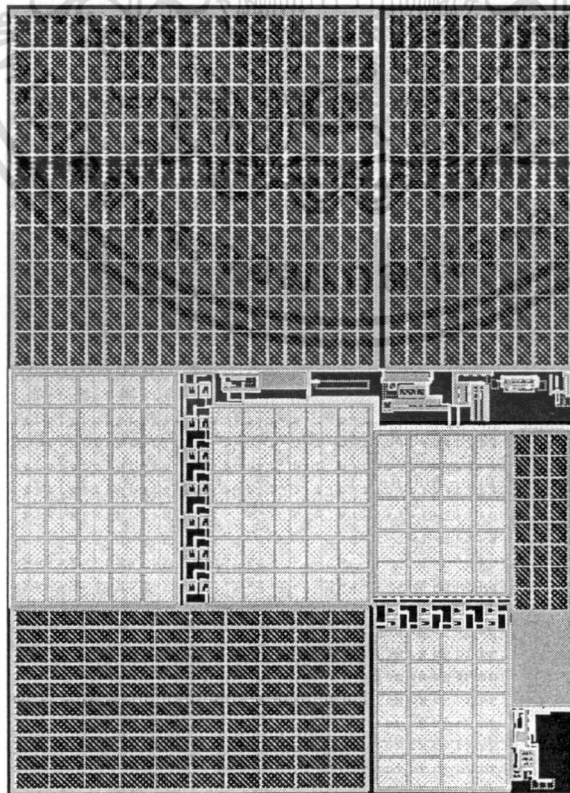


ที่อินพุต 3 V_p

A: (465.87u 934.043m)
B: (469.115u 934.047m)

delta: (3.24568u 3.18965u)
slope: 982.738m

รูปที่ 2.17 กราฟแสดงสัญญาณข้อมูลในตัวเก็บที่คั่นยอดได้จากวงจรคีมอคูเลเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.18 วงจรกายภาพ (Layout) ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทความนี้ได้ทำการออกแบบ วงจรอนาล็อกส่วนหน้าของแท็กร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งแบบ แพลตีสที่มีความสามารถทำงานได้ดีในการจำลองผลการทำงาน แต่อย่างไรก็ตามแท็กร์ในระบบอาร์เอฟไอดี ย่านความถี่สูงยิ่งก็ประกอบด้วยส่วนที่เป็นอนาล็อกและดิจิตอล ซึ่งในงานวิจัยนี้ยังขาดส่วนที่เป็นดิจิตอลมา ใช้ในการทดสอบซึ่งผู้เขียนคิดว่าจะมีการพัฒนาและดำเนินการต่อไปเพื่อสร้างและนำมาใช้เป็นชิพ (Chip) จริงในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] R. Glidden, R. C. Bockorick and S. Cooper, "Design of Ultra-Low-Cost UHF RFID Tags for Supply Chain Applications," *Communications Magazine, IEEE*, Vol 42, Issue 8, pp.140 – 151, Aug 2004
- [2] EPCglobal, "EPCTM Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 Mhz-960MHz," v. 1.0.0, Apr. 2004
- [3] G. DE Vita and G. Iannaccone, "Design Criteria for the RF Section of UHF and Microwave Passive RFID Transponder," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 53, No.9, pp.2978-2990, Sept 2005.
- [4] K. Rongsawat and A.Thanachayanont, "1-V Ultra Low Power Resistorless CMOS Voltage Reference" *ECTI Conference*, pp179-182, May 2005
- [5] I. M. Filanovsky and A. Allam, "Mutual compensation of mobility and threshold voltage temperature effects with applications in CMOS circuits," *IEEE Trans. Circuits Syst.-I*, vol. 48, no. 7, pp. 876-884, Jul. 2001.
- [6] H. J. Oguey and D. Aebischer, "CMOS current reference without resistance," *IEEE J. solid-state circuits*, vol. 32, no. 7, pp. 1132-1135, Jul. 1997.
- [7] E. M. Camacho-Galeano, C. Galup-Montoro, and M. C. Schneider, "A 2-nW 1.1-V self-biased current reference in CMOS technology," *IEEE Trans. Circuits Systems.-II*, vol. 52, no. 2, pp. 61-65, Feb. 2005.
- [8] J-P Curty, N. Joehl and C. Dehollain, "Remotely powered addressable UHF RFID integrated system" *IEEE Journal of Solid-State*, Vol. 40, No. 11, pp2193-2202, Nov 2005

ภาคผนวก ก.

สรุปผลงานภายใต้โครงการฯ

งานวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในการประชุมบทความวิชาการ ISCIT 2006 ในหัวข้อ “Ultra Low Power Analog Front-End for UHF RFID Transponder” และการประชุมบทความวิชาการ EECON 2006 ในหัวข้อ “วงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวดที่มีการใช้กระแสต่ำ”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-On-Reset circuit

Fig. 6 shows the power-on-reset circuit [4] used in this work. The circuit consists of a cross-coupled pair of transistors and a NOR gate. The circuit is designed to provide a reset pulse when the supply voltage reaches 1.5 V.

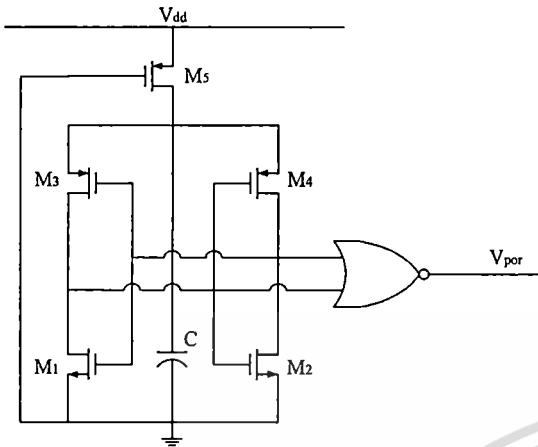


Fig. 6: Power-on-reset circuit.

Voltage Reference

Fig. 7 shows the voltage reference circuit [5] that is used to generate the reference voltage and current to the oscillator and regulator circuits. The principle of the circuit is based on the well-known mutual compensation of mobility and threshold voltage effects in MOSFET. The voltage reference circuit comprises three parts: (i) a typical start-up circuit (M₁₀-M₁₂), (ii) a low-power PTAT current generator circuit (M₁-M₈), and (iii) a diode-connected transistor (M₉). The PTAT current generator is a self-biased current source, which employs a self-cascode MOSFET circuit (M₁ and M₂ with DC bias current) to realize a linear resistor. Transistors M₁ and M₂ operate in the strong inversion conduction and saturation region, respectively; while transistors M₃-M₇ are biased in the weak inversion region. The drain-source voltage of M₁ (V_X) equals to the voltage difference of the gate-source voltages of M₄ and M₅. The circuit is designed to provide a 0.7-V output voltage with 26 ppm/°C temperature coefficient from -25 °C to 100 °C, while draining only 170 nA from a 1.5-V supply voltage. Fig. 8 shows the temperature dependence of the output reference voltage.

Data Demodulator

Fig. 9 shows the demodulator circuit that is used to extract digital data bitstream from the incident RF input signal. An 8-stage voltage multiplier is used to boost up the input signal for the following amplifier. Two simple RC lowpass filters are used to average the boosted input signal with ten times difference in their cut-off frequencies. The first filter, R₁ and C₇ has the bandwidth of 159 kHz, approximately equal to the transmitted data rate of 160 kb/sec. The second filter, R₂ and C₈ has the bandwidth of 15.9 kHz. Both R₁ and R₂ are equal

to 200 kΩ, while C₇ is 5 pF and C₈ is 50 pF. The output voltages of both lowpass filters are then compared with a high gain amplifier to produce the extracted output digital data.

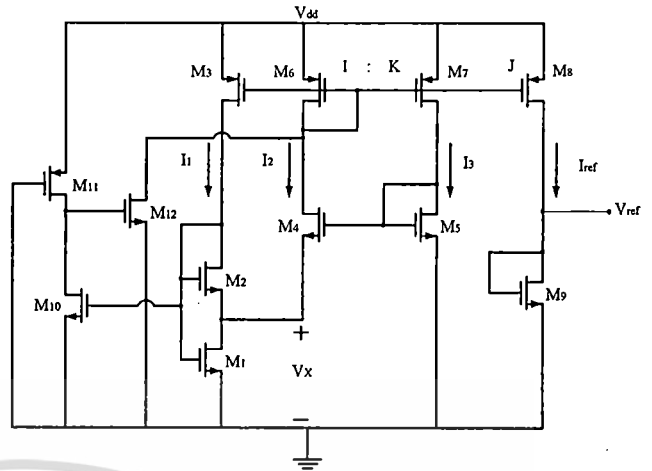


Fig. 7: Voltage reference.

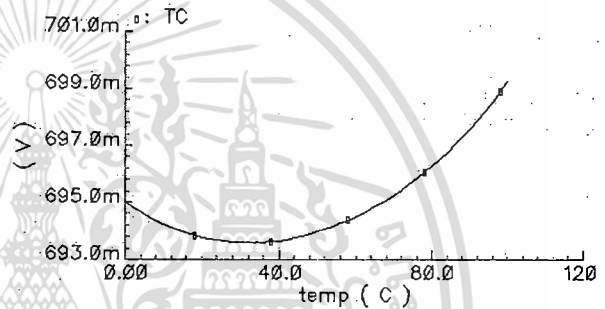


Fig. 8: Temperature dependence of V_{ref}

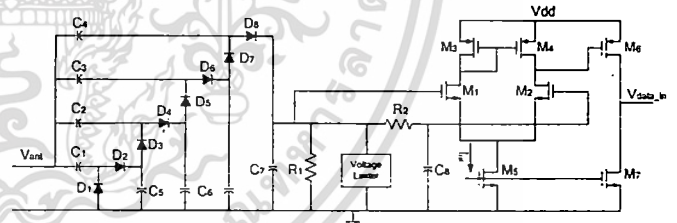


Fig. 9: Data Demodulator.

IV. SIMULATION RESULTS

The overall analog front-end circuit was simulated by using Cadence Spectre™ with process parameters from a 0.35-μm CMOS technology. A 90%, 160-kb/sec, ASK input voltage with 900-MHz carrier frequency and 50% duty cycle was used as the incident RF signal for all simulations. Fig. 10 shows the transient waveform of the supply voltage with the minimum incident RF power of 240 μW. The transponder's power-up time of 500 μs, according to the standard [6], is

filled. Fig. 11 shows the clock signal at 320 kHz, produced by the on-chip ring oscillator. Fig 12 shows the extracted data compared with the incident RF input signal. Table 1 compares the power consumption of the proposed circuit with other RFID system. The proposed transponder front-end consumes much less power consumption compared to other reported work.

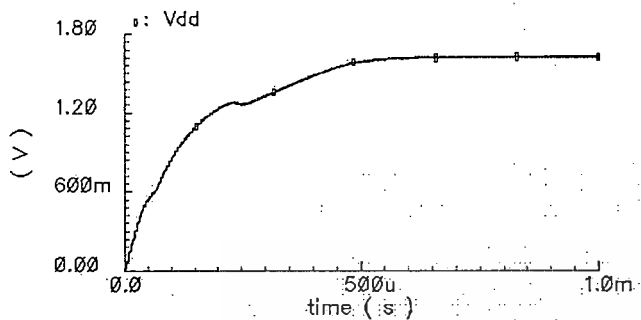


Fig. 10: Supply voltage ramp-up time.

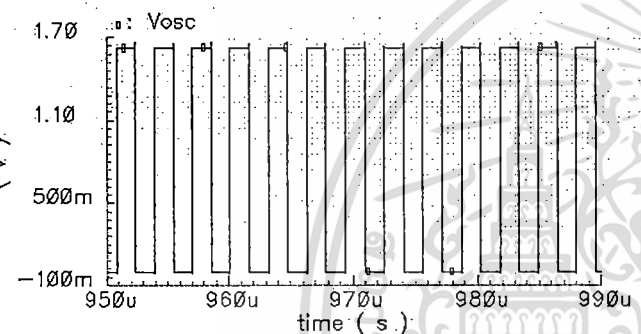


Fig. 11: Clock signal produced by the oscillator.

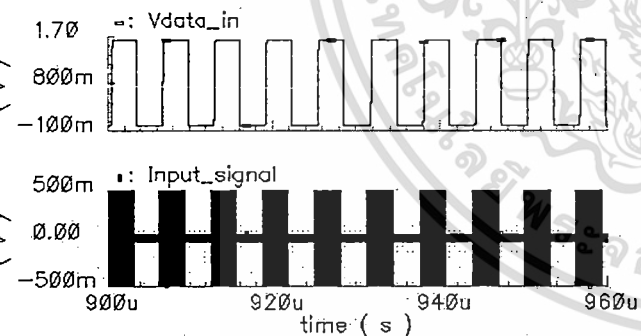


Fig. 13: Demodulated data waveform

Table 1: Comparison of power consumption

Parameters	[7]	[8]	[9]	This work
Carrier Frequency (MHz)	900	900	900	900
CMOS Process (μm)	0.5	0.25	0.25	0.35
Supply Current (A)	1.5μ	1.1m	4μ	800n
Supply Voltage (V)	1.5	2	2	1.5
Power consumption (W)	2.25μ	2.2m	8μ	1.2μ

V. CONCLUSION

An ultra low power analog front-end for passive UHF RFID transponder has been described. The transponder can detect the minimum incident RF input power of $240\mu\text{w}$. All circuits have been designed with particular attention to minimize their power consumption, while still satisfy other requirements according to the standard. The transponder front-end consumes only $1.2\mu\text{W}$.

VI. ACKNOWLEDGEMENT

Financial support from Thailand Research Fund (grant no. RSA4680027), and Thailand Graduate Institute of Science and Technology (grant no. TG-B-11-44-22-724M), are gratefully acknowledged.

REFERENCES

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook: Fundamentals and Application in Contactless Smart Cards and Identification*, John Wiley & Sons, 2003
- [2] <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/2295/1/2/>, "A 5-cent breakthrough," M. Roberti,
- [3] G. DE Vita, G. Iannaccone, "Design Criteria for the RF Section of UHF and Microwave Passive RFID Transponder," *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 53, No.9, pp.2978-2990, 2005.
- [4] J-P Curty, N. Joehl and C. Dehollain, "Remotely powered addressable UHF RFID integrated system" *IEEE Journal of Solid-State*, Vol. 40, No. 11, pp. 2193-2202, Nov 2005
- [5] K. Rongsawat and A.Thanachayanont, "1-V Ultra Low Power Resistorless CMOS Voltage Reference," *ECTI Conference 2006*, pp. 179-182, May 2006.
- [6] http://www.epcglobalinc.org/standard_technology/specifications.html. "Class-1 Generation-2 UHF RFID Conformance Requirements Specification v. 1.0.2"
- [7] U. Karthaus, M. Fischer, "Fully Intergrated Passive UHF RFID Transponder IC With $16.7\mu\text{w}$ Minimum RF Input Power," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 38, No.10, pp.1602-1608, Oct. 2003.
- [8] F. Koccer, P.M. Walsh, M.P. Flynn, "Wireless, remotely powered telemetry in $0.25\mu\text{m}$ CMOS", *Radio Frequency Integrated Circuit (RFIC) symposium*, pp. 339-342, June. 2004.
- [9] N. Cho, and et al. "A $8\mu\text{w}$, 0.3mm^2 RF-Powered Transponder with Temperature Sensor for Wireless Environmental Monitoring", *ISCAS 2005 IEEE International Symposium on Circuits and System*, Vol. 5, pp. 4763-4766, May 2005

วงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวดที่มีการใช้กระแสต่ำ

Ultra Low Power Analog Front End for UHF RFID Transponders

กิตติพงษ์ รงค์สวัสดิ์ และ อภินันท์ ธนชยานนท์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสาร์สนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร : (02) 737-3000 ต่อ 3309, www.kmitl.ac.th/mdrd, E-mail : hunnysexy@yahoo.com , ktapinun@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวดแบบไม่มีแหล่งจ่ายกำลังงานในตัวเอง ประกอบด้วย วงจรคูณแรงดัน, วงจรรักษาระดับแรงดัน, วงจรรีเซต, วงจรออสซิลเลเตอร์, วงจรสร้างแรงดันอ้างอิงและวงจรมอดูเลเตอร์ที่มีการจำลองการทำงานบนเทคโนโลยีซีมอส 0.35 μm โดยวงจรมีค่ากำลังงานอินพุตต่ำสุดมีค่าเป็น 240 μW ซึ่งกระแสที่ใช้ในวงจรมีค่าเป็น 800 nA

คำสำคัญ : อาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวด, แท็ก, เครื่องอ่าน

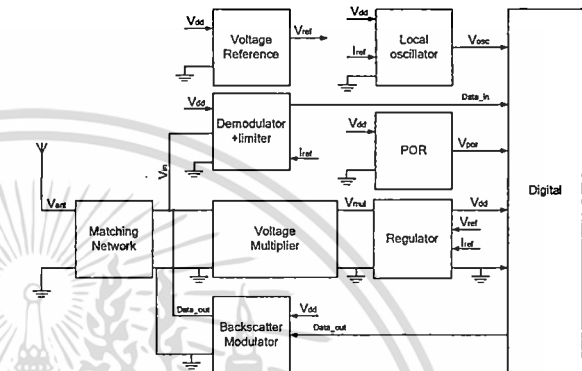
Abstract

This paper describes the design of an ultra low power analog front-end circuitry for UHF passive RFID transponder. The overall circuits include voltage multipliers, voltage regulator, power-on-reset, ring oscillator, voltage reference and demodulator. Simulation results using a 0.35 μm CMOS process parameters show that the analog front-end can operate with the minimum input power 240 μW , while consuming only 800 nA.

Keywords : UHF RFID, Tag, Reader

1. คำนำ

เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (Radio Frequency Identification) หรือการระบุด้วยคลื่น เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทต่อการบริหารจัดการธุรกิจรูปแบบใหม่และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินชีวิตอย่างมาก [1] โดยระบบอาร์เอฟไอดีที่ได้รับความนิยมใช้กำลังงานต่ำ ระยะเวลารับส่งข้อมูลได้ไกล และ ขนาดของแท็กที่เล็ก ระบบอาร์เอฟไอดีที่ไม่แหล่งจ่ายกำลังงานในตัวเอง (Passive transponder) โดยทั่วไปจะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในระบบของบาร์โค้ด และ ความถี่ที่ใช้จะอยู่ในช่วงความถี่ที่ต่ำ (125 kHz หรือ 13.56 MHz) ซึ่งปัญหาของของคลื่นต่ำจะถูกจำกัดในเรื่องของระยะทางและขนาดของเสาอากาศที่ใหญ่ แต่อาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวด (UHF RFID) ที่มีการใช้ความถี่ประมาณ 900 MHz สามารถส่งได้ในระยะทางที่ไกลกว่าเนื่องจากการส่งโดยสนามไฟฟ้า และมี



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวด

ขนาดของเสาอากาศที่เล็กกว่าเนื่องจากความยาวคลื่นที่สั้น และยังสามารถส่งข้อมูลได้ที่มีความเร็วมากกว่าความถี่ต่ำ แต่ระยะทางในการรับส่งของวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวดขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของวงจรคูณแรงดันและการใช้กระแสในวงจรรักษาส่วนหน้า

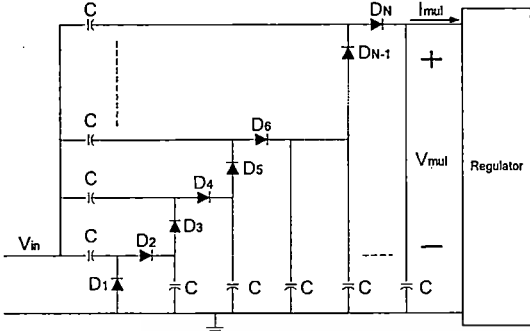
ในบทความนี้เป็นการนำเสนอวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวด ที่มีการใช้กระแสต่ำ โดยกำหนดให้กำลังงานส่งจากเครื่องอ่านมีค่าเป็น 500 mW และความถี่ที่ใช้เป็น 900 MHz มีการส่งข้อมูลแบบ แอมพลิจูดมอดูเลชันที่มีดัชนีการมอดูเลชันเป็น 90% โดยใช้รูปแบบมาตรฐานตาม EPC Global Class-1 Generation-2 UHF RFID[2] วงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวดถูกออกแบบและจำลองการทำงานบนเทคโนโลยีซีมอส 0.35 μm โดยบทความนี้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ในส่วนที่ 2 เป็นโครงสร้างของระบบวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวด ส่วนที่ 3 เป็นการอธิบายหลักการทำงานและการออกแบบวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวด ส่วนที่ 4 เป็นการสรุปผลการจำลองการทำงาน และในส่วนสุดท้ายในส่วนที่ 5 เป็นบทสรุปของบทความฉบับนี้

2. โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างวงจรรักษาส่วนหน้าของอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงยิ่งยวดแบบไม่มีกำลังงานในตัวเอง แสดงในรูปที่ 1 โดยวงจรรักษาส่วนหน้าประกอบด้วย 6 ส่วนได้แก่ วงจรคูณแรงดัน, วงจรรักษาระดับแรงดัน, วงจรออสซิลเลเตอร์, วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง, วงจรรีเซตและวงจรมอดูเลเตอร์

3. การออกแบบวงจร

3.1 วงจรคูณแรงดัน



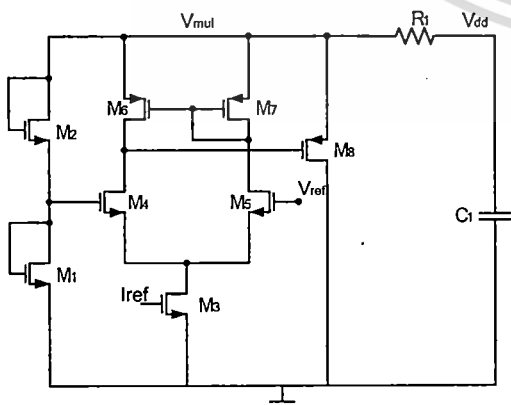
รูปที่ 2 วงจรคูณแรงดัน

ในรูปที่ 2 เป็นวงจรคูณแรงดันที่ประกอบ N ชั้น ที่ทำหน้าที่ในการเพิ่มแรงดัน ซึ่งค่าแรงดันที่เกิดขึ้นสามารถหาได้จาก

$$V_{mul} = N(V_{in} - V_d) \quad (1)$$

การเลือกค่าตัวเก็บประจุและขนาดของไดโอด [3] โดยในการเลือกค่าตัวเก็บประจุที่ใช้สามารถพิจารณาได้จากขนาดอินพุทอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุและอินพุทอิมพีแดนซ์ของไดโอด โดยค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของไดโอดควรมีค่ามากกว่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุ $Z_{diode} \gg X_C$ ซึ่งอินพุทอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุมีค่าเป็น $X_C = 1/2\pi f_o C$ เป็นความถี่คลื่นพาหะ ในการเลือกขนาดของไดโอด ไดโอดที่มีขนาดพื้นที่มากจะให้กระแสในตัวที่มากและทำให้ประสิทธิภาพที่ภาพของวงจรมีค่าสูง แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มขนาดพื้นที่ของไดโอดมากจะทำให้ค่าตัวเก็บประจุที่อยู่ในไดโอดมีค่าที่สูงขึ้นและตัวเก็บประจุที่สูงขึ้นจะมีผลต่อตัวเก็บประจุในวงจรซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพมีค่าลดลงเพราะแรงดันจะถูกแบ่งมาตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุในไดโอด ในการออกแบบเราเลือกช็อคกี้ไดโอดเนื่องจากมีกระแสในตัวมากกว่าไดโอดทั่วไปโดยไดโอดที่ใช้ในการออกแบบมีค่าเป็น 5.76 pm^2 และค่าตัวเก็บประจุที่ใช้มีค่าเป็น 5 pF

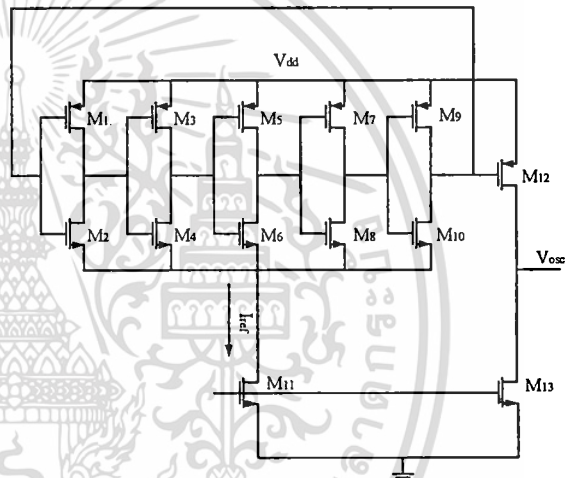
3.2 วงจรรักษาระดับแรงดัน



รูปที่ 3 วงจรรักษาระดับแรงดัน

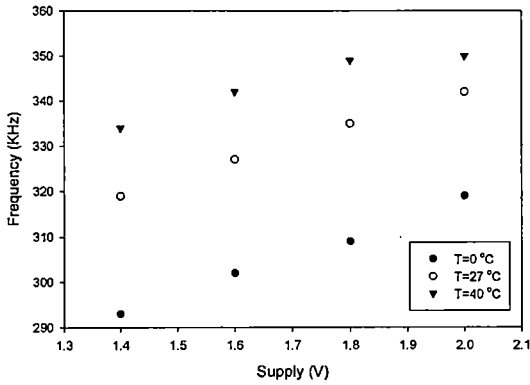
เมื่อเครื่องอ่านเคลื่อนที่เข้าใกล้แท็ก จะเกิดการส่งผ่านกำลังงานจำนวนมาก ทำให้เกิดแรงดันที่อินพุทมากเกินไปอาจสร้างความเสียหายให้เกิดขึ้นกับวงจรได้ ดังนั้นวงจรรักษาระดับแรงดันในรูปที่ 3 จะทำการรักษาระดับแรงดันให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม เพื่อให้วงจรสามารถนำแรงดันที่เกิดขึ้นไปใช้งานได้ โดยวงจรประกอบด้วย M1 และ M2 ต่อเป็นไดโอด เพื่อสร้างแรงดันเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่มีค่าประมาณ 700 mV ถ้าแรงดันที่เข้ามามีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง M8 จะทำการนำกระแส และทำให้แรงดันลดลงมาในช่วงที่วงจรสามารถทำงานได้ แต่เนื่องจากสัญญาณที่เข้ามาเป็นสัญญาณของข้อมูลที่มีค่าสูง และค่าทำให้แรงดันที่ได้มีการกระเพื่อมสูง จึงจำเป็นต้องลดการกระเพื่อม โดยการผ่านตัวกรองความถี่ต่ำ C1 และ R1 ที่มีค่าเป็น 600 pF กับ $50 \text{ k}\Omega$ ซึ่งมีความถี่คัตออฟ (cut off) เป็น 6 kHz

3.3 วงจรออสซิลเลเตอร์



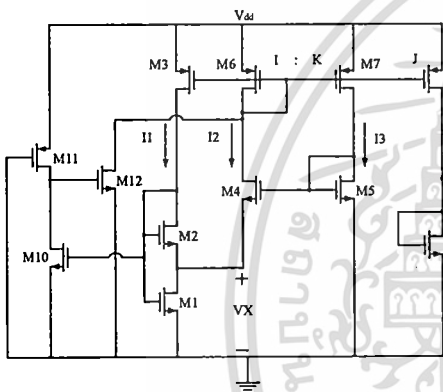
รูปที่ 4 วงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรรออสซิลเลเตอร์ในรูปที่ 4 เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเกิดจากวงจรรออสซิลเลเตอร์ M1-M10 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาที่เกิดจากค่าหน่วงเวลา (time delay) จากขนาดของอินเวอร์เตอร์แต่ละตัว ในการออกแบบเราต้องการค่ากระแสที่น้อยจึงจำเป็นต้องควบคุมกระแสที่เกิดขึ้น โดยใช้ M11 ที่มีกระแสที่อ่อนกระแสมาจากวงจรสร้างแรงดันอ้างอิง มาทำการควบคุมกระแสในวงจร ซึ่งสัญญาณที่ได้จาก M1-M10 ไม่สามารถกว้างได้ขึ้นลงสูงสุดเนื่องจาก M11 ดังนั้นเราจึงต้องเพิ่ม M12-M13 เพื่อทำหน้าที่ชดเชยสัญญาณจาก M1-M10 มาเป็นเอาต์พุตสัญญาณเพื่อใช้ในส่วนภาคประมวลผลสัญญาณ ซึ่งวงจรที่ออกแบบสร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 320 kHz ในรูปที่ 5 แสดงผลการจำลองการทำงานของวงจรระหว่างความถี่กับแหล่งจ่ายแรงดันเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันในช่วง $1.5 - 2$ โวลต์ ในแต่ละอุณหภูมิในช่วง $0-40$ องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงเป็น 10% จากความถี่ 320 kHz



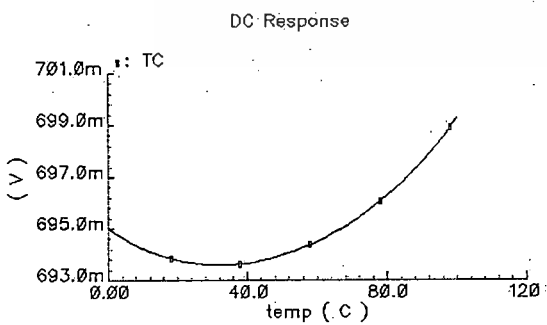
รูปที่ 5 กราฟความถี่ ในช่วงแรงดัน 1.5-2 โวลต์ และอุณหภูมิในช่วง 0-40 องศาเซลเซียส

3.4 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง



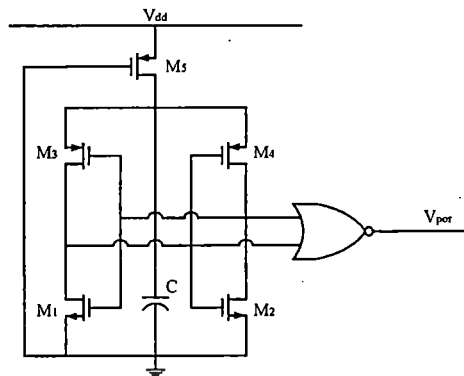
รูปที่ 6 วงจรสร้างแรงดันอ้างอิง

วงจรสร้างแรงดันอ้างอิงทำหน้าที่สร้างแรงดันที่ไม่ขึ้นกับอุณหภูมิโดยอาศัยหลักการของการชดเชยผลระหว่างค่าความเคลื่อนที่ (Mobility) กับ แรงดันคั่นขีดเริ่ม (Threshold voltage) [4] ซึ่งวิธีนี้จะทำให้วงจรมีการใช้กระแสที่ค่า 170 nA และแรงดันอ้างอิงที่สร้างขึ้นมีค่าประมาณ 700 mV ในรูปที่ 7 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอ้างอิงกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส มีค่าเปลี่ยนแปลงสูงสุดถึงต่ำสุดประมาณ 6mV



รูปที่ 7 แรงดันอ้างอิงกับอุณหภูมิ

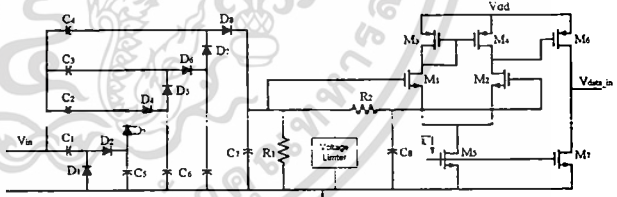
3.5 วงจรรีเซต



รูปที่ 7 วงจรรีเซต [5]

วงจรรีเซตเป็นวงจรสร้างสัญญาณรีเซตไปยัง ในส่วนของภาคประมวลผลเพื่อให้วงจรเริ่มทำงาน ซึ่งจะสร้างสัญญาณรีเซตเมื่อวงจรมีแรงดันประมาณ 1.5 โวลต์ ในรูปที่ 7 แสดงส่วนประกอบของวงจรรีเซต โดยวงจรประกอบด้วยคู่ของอินเวอร์เตอร์กับนอร์เกต เมื่อเริ่มมีกำลังงานเข้ามาในตัวเก็บ กระจายจะไหลเข้าตัวเก็บประจุ C โดยค่า C จะเป็นตัวกำหนดเวลาในการรีเซตซึ่งค่าที่ใช้เป็น 250 pF ดังนั้นแรงดัน Vpor จะค่อยๆ สูงขึ้น เมื่อแรงดันอินพุตของอินเวอร์เตอร์ M1 กับ M4 มีค่าเป็นสูง (High) จะทำให้เอาต์พุตเป็นต่ำ (Low) และ M2 กับ M3 จะมีอินพุตเป็นต่ำ และเอาต์พุตเป็นสูง ซึ่งจะทำให้นอร์เกตเป็นต่ำหรือสัญญาณรีเซต

3.6 วงจรดีมอดูเลเตอร์



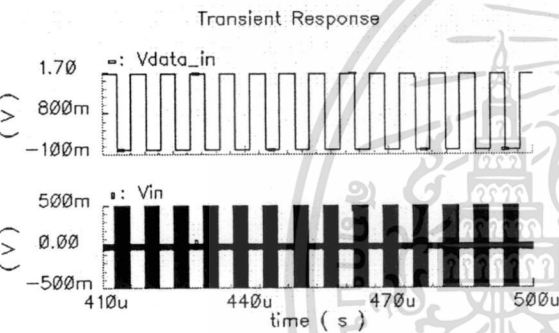
รูปที่ 8 วงจรดีมอดูเลเตอร์

วงจรมอดูเลเตอร์ในรูปที่ 8 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณข้อมูล โดยการรับเอาสัญญาณของข้อมูลมาแยกออกจากสัญญาณพาหะ โดยวงจรประกอบด้วยส่วนย่อย ดังนี้ วงจรเพิ่มแรงดัน D1-D8 กับ C1-C6 เนื่องจากขนาดสัญญาณที่เล็กเกินไปอาจทำให้การตรวจจับสัญญาณเป็นไปได้ยากจึงจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของสัญญาณอินพุต จากนั้นเราจึงทำการกรองสัญญาณพาหะออกด้วย C7 กับ R1 ซึ่งมีค่าเป็น 5 pF กับ 200kΩ โดยมีวงจรจำกัดแรงดัน จำกัดไม่ให้สัญญาณมีค่าแรงดันเกินกว่าแรงดันที่ขานกของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันจะรับได้ ซึ่งหลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จะถูกนำมาค่าเฉลี่ยด้วย C8 กับ R2 ซึ่งมีค่าเป็น 50pF กับ 200kΩ ซึ่งมีความถี่คutoff เป็น 15 kHz ในการ

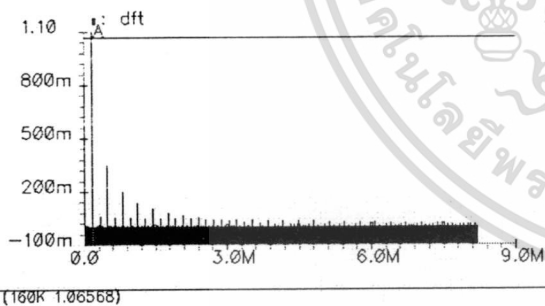
ความถี่ที่พอเหมาะเลือกให้ค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าความถี่ของข้อมูลที่มา จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับขอบสัญญาณที่วงจรรับเทียบแรงดัน M1-M7 เพื่อสร้างสัญญาณข้อมูลในการนำไปประมวลผลต่อไป

ผลการจำลองการทำงานของวงจร

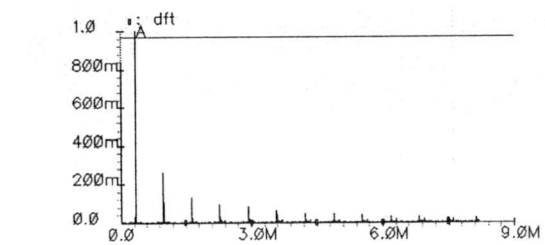
วงจรภาครับส่วนหน้าอาร์เอฟไอดีย่านความถี่สูงซึ่งขจัด ถูกออกแบบการทำงานบนโปรแกรม Cadence Spectre™ เทคโนโลยีซีมอส 5 μm ในการจำลองการทำงานเราสร้างสัญญาณสัญญาณอินพุตที่มีความถี่ 160 kHz ทำการมอดกับสัญญาณพาหะ 900 MHz มาเป็นอินพุตสัญญาณให้กับวงจรแทนส่วนของสายอากาศและวงจรแมตซ์ซิ่ง เข้าวงจรแรงดันกับคิมมอดูเลเตอร์ ในรูปที่ 9 แสดงสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตจากวงจรคิมมอดูเลเตอร์ รูปที่ 10 เป็นสเปกตรัมของสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรคิมมอดูเลเตอร์ซึ่งมีค่าเท่ากับสัญญาณที่อินพุต รูปที่ 11 เป็นสเปกตรัมของสัญญาณออกสวิตลเอดเดอร์ที่ได้จากการจำลองการทำงาน



รูปที่ 9 สัญญาณเอาท์พุตและอินพุตจากวงจรคิมมอดูเลเตอร์



รูปที่ 10 สเปกตรัมของสัญญาณข้อมูล (160 kHz)



รูปที่ 11 สเปกตรัมของสัญญาณความถี่ (326 kHz)

5. สรุป

ในบทความนี้ได้นำเสนอวงจรภาครับส่วนหน้าอาร์เอฟไอดี ย่านความถี่สูงซึ่งขจัดที่มีการใช้กระแสในวงจรต่ำ 800 nA วงจรสามารถทำงานที่กำลังงานอินพุตต่ำสุดเป็น 240 μW วงจรทำงานที่แรงดัน 1.5 V มีวงจรสร้างสัญญาณที่ความถี่ 320 kHz มีค่าความผิดพลาดประมาณ 10% ในช่วงอุณหภูมิ 0-40 องศาเซลเซียส

6. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนสนับสนุนจาก “บัณฑิตวิทยาลัยศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ” หมายเลข TG-B-11-44-22-724M

เอกสารอ้างอิง

- [1] R. Glidden, R. C. Bockorick and S. Cooper, “Design of Ultra-Low-Cost UHF RFID Tags for Supply Chain Applications,” Communications Magazine, IEEE, Vol 42, Issue 8, pp.140 – 151, Aug 2004
- [2] EPCglobal, “EPC™ Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 Mhz-960MHz,” v. 1.0.0, Apr. 2004
- [3] G. DE Vita and G. Iannaccone, “Design Criteria for the RF Section of UHF and Microwave Passive RFID Transponder,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 53, No.9, pp.2978-2990, Sept 2005.
- [4] K. Rongsawat and A. Thanachayanont, “1-V Ultra Low Power Resistorless CMOS Voltage Reference” ECTI Conference, pp179-182, May 2005
- [5] J-P Curty, N. Joehl and C. Dehollain, “Remotely powered addressable UHF RFID integrated system” IEEE Journal of Solid-State, Vol. 40, No. 11, pp.2193-2202, Nov 2005



กิตติพงษ์ รงค์สวัสดิ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยมหิดล ในปี พ.ศ. 2546 ปัจจุบันกำลังศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



อนันท์ ธนชยานนท์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี-โท และเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากอิมพีเรียลคอลเลจ มหาลลอนดอน ในปี พ.ศ. 2538 และ 2542 ตามลำดับ พ.ศ. 2542 ถึงปัจจุบัน ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้