

249002

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249002



เรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารไร้สายสองย่านความถี่  
SMALL BANDSTOP RESONATOR FOR DUAL-BAND WIRELESS COMMUNICATION

วรชัย ศรีสมุดคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา ๒๕๕๓

พ.ศ. ๒๕๕๓

600253506

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249002

# เรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารไร้สายสองย่านความถี่



วรชัย ศรีสมุดคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2553

# **Small Bandstop Resonator for Dual-Band Wireless Communication**

**Worachai Srisamudkam**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Computer and Telecommunication Engineering  
Graduate School, Dhurakij Pundit University**

**2010**



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

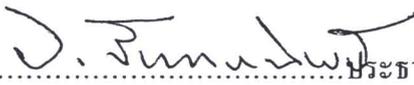
หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารไร้สายสองย่านความถี่

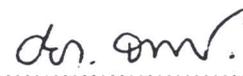
เสนอโดย ว่าที่ร้อยตรี วรชัย ศรีสมุคคำ

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ปุณยวีร์ จามจรีกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

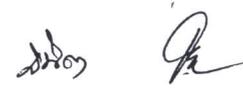
  
.....ประธานกรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

  
.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
(รองศาสตราจารย์ปุณยวีร์ จามจรีกุล)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.พีรเดช ฌ น่าน)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา จิตร์น้อมรัตน์)

วันที่ 11 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2553

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารไร้สาย สองย่านความถี่
ชื่อผู้เขียน	วรชัย ศรีสมุดคำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ปณณวีร์ จามจรีกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2553

### บทคัดย่อ

**249002**

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอหลักการในการออกแบบและสร้างวงจรเรโซเนเตอร์หยุดแถบขนาดเล็กสำหรับการใช้งานในโครงข่ายสื่อสารแบบไร้สายสองย่านความถี่ โดยตัวเรโซเนเตอร์หยุดแถบที่นำเสนอจะทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรกรองผ่านแถบ 2 ย่านความถี่ ซึ่งจะแยกย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูงที่ต้องการใช้งานออกจากกันโดยใช้ทฤษฎีสายนำสัญญาณร่วมกับวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ โดยในที่นี้ ย่านความถี่ต่ำ 800 – 900 MHz จะถูกกำหนดเพื่อใช้งานรองรับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA ของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) และย่านความถี่สูง 2.3 – 2.7 GHz จะถูกกำหนดเพื่อใช้งานรองรับโครงข่ายสื่อสารไร้สายทั้งเครือข่าย WiFi – 2.45 GHz และ WiMAX – 2.5 GHz

Thesis Title            Small Bandstop Resonator for Dual-Band Wireless Communication  
Author                    Worachai Srisamudkum  
Thesis Advisor        Assoc. Prof. Punyawit Jamjareekul  
Department            Computer and Telecommunication Engineering  
Academic Year        2010

## ABSTRACT

**249002**

This thesis proposes a concept for designing and fabrication about a compact bandstop resonator for existing dual-band wireless communication networks. This proposed bandstop resonator acts as a dual-band bandpass filter to separate widely the low and high frequency bands by using transmission lines theory and admittance inverter. The low frequency band, 800 – 900 MHz, can be served the CDMA mobile networks of CAT Telecom Public Company Limited, and the high frequency band, 2.3 – 2.7 GHz, can be served the wireless networks both WiFi-2.45 GHz and WiMAX-2.5 GHz.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเอาใจใส่และดูแลเป็นอย่างมากจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์บุญยวีร์ จามจรีกุล ซึ่งท่านคอยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังๆ นอกจากนี้ กระผมใคร่ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภตะพันธ์ ผู้อำนวยการหลักสูตรฯ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และเอาใจใส่นักศึกษาทุกๆ คนเสมอมา

ขอขอบคุณ อ.ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ และ อ.ดร.พีรเดช ฌ น่าน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยดำเนินเรื่องต่างๆ ให้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ร่วมรุ่นทุกๆ คน ที่คอยช่วยเหลือกันมาตลอด

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนบุคคลในครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา

วรชัย ศรีสมุดคำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๖
กิตติกรรมประกาศ.....	๖
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญภาพ.....	๘
บทที่ ๑	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
2. แนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 เรโซเนเตอร์ที่ทำจากอุปกรณ์ RLC .....	4
2.2 วงจรกรองหยุดแถบที่สร้างจากเรโซเนเตอร์ยาว $\lambda/4$ .....	8
2.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	14
3.1 วงจรกรองหยุดแถบที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์.....	14
3.2 วงจรกรองหยุดแถบที่สร้างขึ้นจากสายนำสัญญาณยาว $\lambda_g/4$ แบบวงจรเปิด.....	16
4. ผลการศึกษา.....	22
4.1 ผลการจำลองและวิเคราะห์เรโซเนเตอร์หยุดแถบที่มีความกว้างและ ความยาวค่าต่างๆ.....	23
4.1.1 ผลการจำลองและวิเคราะห์เรโซเนเตอร์หยุดแถบ โครงสร้างใหม่กลุ่มที่ 1.....	23
4.1.2 ผลการจำลองและวิเคราะห์เรโซเนเตอร์หยุดแถบ โครงสร้างใหม่กลุ่มที่ 2.....	32
4.2 ผลการจำลองและทดสอบเรโซเนเตอร์หยุดแถบ โครงสร้างใหม่ที่นำเสนอ.....	44
4.3 นิยามค่าศัพท์ ค่าข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ และข้อสังเกตผลที่ได้จากการทดสอบ...	49

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. สรุปผลการศึกษา.....	52
5.1 สรุปผลการทำงานตามขอบเขตงานวิจัย.....	52
5.2 สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์งานวิจัย.....	52
5.3 สรุปประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	53
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	53
บรรณานุกรม.....	55
ประวัติผู้เขียน.....	56

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สรุปค่าที่สำคัญของเรโซเนเตอร์แบบอนุกรมและแบบขนาน.....	7
4.1 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 25 mm.....	25
4.2 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 25 mm.....	26
4.3 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 24 mm.....	28
4.4 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 24 mm.....	29
4.5 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 24 mm.....	30
4.6 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 23 mm.....	31
4.7 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.44 mm.....	33
4.8 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.44 mm.....	34
4.9 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.64 mm.....	36
4.10 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.64 mm.....	37
4.11 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.84 mm.....	40
4.12 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.84 mm.....	41
4.13 ผลการทดสอบที่มีต่อการทำงานเมื่อปรับความกว้างและความยาวของ สายนำสัญญาณ.....	43

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 (ก) เรโซเนเตอร์แบบอนุกรม RLC (ข) กราฟแสดงขนาดของอินพุตอิมพีแดนซ์.....	5
2.2 (ก) เรโซเนเตอร์แบบอนุกรม RLC (ข) กราฟแสดงขนาดของอินพุตอิมพีแดนซ์.....	7
2.3 วงจรกรองหยุดแถบหรือวงจรกรองผ่านแถบ โดยใช้เรโซเนเตอร์ที่ทำจาก สายนำสัญญาณที่ต่อขนานกัน ไปเรื่อยๆ.....	9
2.4 วงจรเทียบเท่าสำหรับวงจรกรองหยุดแถบของภาพที่ 2.3.....	10
2.5 วงจรกรองหยุดแถบที่ทำจากอุปกรณ์แบบลัมพ์.....	11
2.6 วงจรกรองหยุดแถบหรือวงจรกรองผ่านแถบ โดยใช้เรโซเนเตอร์ที่ทำจาก สายนำสัญญาณที่ต่อขนานกัน ไปเรื่อยๆ.....	12
3.1 วงจรกรองหยุดแถบที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์.....	14
3.2 ค่า Return Loss ( $S_{11}$ ) และค่า Insertion Loss ( $S_{21}$ ) ที่ได้จากการจำลองวงจรหยุดแถบ ที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์.....	15
3.3 เรโซเนเตอร์หยุดแถบที่ทำจากสายนำสัญญาณที่ยาว $\lambda_g/4$ แบบเป็นวงจรเปิด.....	16
3.4 ค่า Return Loss ( $S_{11}$ ) และค่า Insertion Loss ( $S_{21}$ ) ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์ หยุดแถบที่ทำจากสายนำสัญญาณที่ยาว $\lambda_g/4$ แบบเป็นวงจรเปิด.....	17
3.5 เรโซเนเตอร์หยุดแถบที่ทำจากสายนำสัญญาณที่ยาว $\lambda_g/4$ แบบเป็นวงจรเปิด ที่เป็นโครงสร้างใหม่ที่ปรับปรุงให้ดีขึ้นจากภาพที่ 3.4.....	18
3.6 วงจรเทียบเท่าภาพที่ 3.5 ที่สร้างจากเรโซเนเตอร์และวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์.....	19
3.7 สายนำสัญญาณยาว $\lambda_g/4$ ที่ต่ออยู่กับโหลด (เรโซเนเตอร์ LC ที่ต่ออนุกรมกัน).....	19
3.8 วงจรเทียบเท่าภาพที่ 3.7 เสมือนเป็นเป็นเรโซเนเตอร์ LC ที่ต่อขนานกัน.....	20
3.9 วงจรเทียบเท่าภาพที่ 3.6 ที่ได้จากการใช้เรโซเนเตอร์และอาศัยวงจรแปลง แอดมิตแตนซ์.....	20
3.10 ค่า $S_{11}$ และค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หยุดแถบโครงสร้างใหม่ที่ได้รับ เหมือนกับภาพที่ 3.6.....	21
4.1 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หยุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 25 mm.....	24
4.2 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หยุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 25 mm.....	25

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 24 mm.....	27
4.4 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 24 mm.....	28
4.5 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 23 mm.....	30
4.6 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีความยาว TL2 คงที่ เท่ากับ 23 mm.....	31
4.7 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.44 mm.....	33
4.8 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.44 mm.....	34
4.9 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.64 mm.....	36
4.10 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.64 mm.....	37
4.11 ค่า $S_{11}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.84 mm.....	39
4.12 ค่า $S_{21}$ ที่ได้จากการจำลองเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่ TL4 และ TL7 กว้างคงที่ เท่ากับ 2.84 mm.....	40
4.13 ขนาดความกว้างและความยาวของเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่มีโครงสร้างใหม่ ที่นำเสนอ.....	43
4.14 ภาพถ่ายของเรโซเนเตอร์หุุดแถบที่สร้างขึ้นบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR-4.....	44
4.15 ภาพถ่ายของเครื่องเน็ตเวิร์กอนาลิเซอร์ (Network Analyzer) HP8753E.....	45

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 ภาพถ่ายเหตุการณ์ต่างๆ ในขณะที่ทำการทดสอบเรโซเนเตอร์หยุดแถบ ที่นำเสนอ.....	46
4.17 ภาพถ่ายเหตุการณ์ต่างๆ ในขณะที่ทำการทดสอบเรโซเนเตอร์หยุดแถบ ที่นำเสนอ (ต่อ).....	47
4.18 ค่า Return Loss ( $S_{11}$ ) ที่ได้จากการจำลองและวัดเรโซเนเตอร์หยุดแถบที่นำเสนอ....	47
4.19 ค่า Insertion Loss ( $S_{21}$ ) ที่ได้จากการจำลองและวัดเรโซเนเตอร์หยุดแถบที่นำเสนอ..	48