

# 互補雙環型共振結構之精確參數萃取與微帶濾波器設計之應用

張軒維、吳俊德

E-mail: 344558@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本論文使用互補雙環型共振結構 (Complementary Split-Ring Resonators, CSRR)，並利用其結構偶合到傳輸線的效應，用此來設計小型低通濾波器。首先利用巴特沃茲低通濾波器與共振理論兩者求出的等效電路關係式，萃取出互補雙環型共振結構 (CSRR) 之等效電路元件值，而本論文將提供四種萃取方式，來增加萃取的準確性與完整性。因為在微帶線上加入殘斷 (Stub) 可增加在高頻時的裙襬效應，但需考慮高頻時微帶線殘斷 (Stub) 上的寄生效應 (Parasitic effect)，為此將提出寄生效應 (Parasitic effect) 的修正公式，再利用萃取出之互補雙環型共振結構 (CSRR) 結構等效電路元件值，可得到欲修正之 (CSRR) 的結構尺寸。

關鍵詞：互補雙環型共振結構、低通濾波器、寄生效應

## 目錄

目錄 封面內頁 簽名頁 中文摘要 . . . . .	iii	ABSTRACT . . . . .	viii
. . . . . iv 誌謝 . . . . .		. . . . . v 目錄 . . . . .	
. . . . . vi 圖目錄 . . . . .		. . . . . viii 表目錄 . . . . .	
. . . . . x 第一章 序論 . . . . .			
1 1.1 研究動機與目的 . . . . .	1	1.2 文獻探討 . . . . .	2
1.1.1 研究動機與目的 . . . . .	1	1.1.2 文獻探討 . . . . .	2
1.1.2 文獻探討 . . . . .	2	1.3 章節概述 . . . . .	2
2 第二章 濾波器設計 . . . . .	3	2.1 濾波器簡介 . . . . .	3
2.1 濾波器簡介 . . . . .	3	2.2 極平坦響應低通濾波器設計 . . . . .	4
2.2 極平坦響應低通濾波器設計 . . . . .	4	2.2.1 極平坦響應函數 . . . . .	4
2.2.1 極平坦響應函數 . . . . .	4	2.2.2 極平坦響應低通濾波器原型 . . . . .	5
2.2.2 極平坦響應低通濾波器原型 . . . . .	5	2.2.3 低通濾波器阻抗與頻率之數值縮放 . . . . .	7
2.2.3 低通濾波器阻抗與頻率之數值縮放 . . . . .	7	第三章 缺陷接地結構與電路分析法 . . . . .	8
第三章 缺陷接地結構與電路分析法 . . . . .	8	3.1 缺陷接地結構概述 . . . . .	8
3.1 缺陷接地結構概述 . . . . .	8	3.2 缺陷接地結構(DGS)之分析 . . . . .	9
3.2 缺陷接地結構(DGS)之分析 . . . . .	9	3.2.1 CSRR缺陷接地之響應特性 . . . . .	9
3.2.1 CSRR缺陷接地之響應特性 . . . . .	9	3.2.2 互補雙環型共振結構之電路分析 . . . . .	10
3.2.2 互補雙環型共振結構之電路分析 . . . . .	10	第四章 缺陷接地結構之參數萃取與實作 . . . . .	15
第四章 缺陷接地結構之參數萃取與實作 . . . . .	15	4.1 互補雙環型共振結構參數的萃取 . . . . .	15
4.1 互補雙環型共振結構參數的萃取 . . . . .	15	4.1.1 第I型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	16
4.1.1 第I型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	16	4.1.2 第II型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	19
4.1.2 第II型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	19	4.1.3 第III型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	22
4.1.3 第III型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	22	4.1.4 第VI型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	25
4.1.4 第VI型CSRR結構之等效元件特性與尺寸參數萃取 . . . . .	25	4.2 單一互補雙環型共振結構之實作 . . . . .	28
4.2 單一互補雙環型共振結構之實作 . . . . .	28	5 第五章 濾波器的應用 . . . . .	32
5 第五章 濾波器的應用 . . . . .	32	5.1 加入殘段的CSRR結構之電路實現 . . . . .	32
5.1 加入殘段的CSRR結構之電路實現 . . . . .	32	5.2 鏡像原理修正傳輸線的寄生效應 . . . . .	34
5.2 鏡像原理修正傳輸線的寄生效應 . . . . .	34	6 第六章 結論 . . . . .	41
6 第六章 結論 . . . . .	41	圖目錄 圖2.1介入損失函數法設計濾波器的流程 . . . . .	3
圖目錄 圖2.1介入損失函數法設計濾波器的流程 . . . . .	3	圖2.2極平坦低通濾波器頻率響應圖 . . . . .	4
圖2.2極平坦低通濾波器頻率響應圖 . . . . .	4	圖2.3低通濾波器原型圖 . . . . .	5
圖2.3低通濾波器原型圖 . . . . .	5	圖3.1互補雙環型共振結構與等效電路圖 . . . . .	9
圖3.1互補雙環型共振結構與等效電路圖 . . . . .	9	圖3.2單一CSRR結構之S21模擬圖 . . . . .	10
圖3.2單一CSRR結構之S21模擬圖 . . . . .	10	圖3.3等效電路形態 . . . . .	11
圖3.3等效電路形態 . . . . .	11	圖3.4 CSRR結構分析法的電路模擬和EM模擬比較圖 . . . . .	13
圖3.4 CSRR結構分析法的電路模擬和EM模擬比較圖 . . . . .	13	圖3.5 CSRR結構分析法的電路模擬、EM模擬與量測比較圖 . . . . .	14
圖3.5 CSRR結構分析法的電路模擬、EM模擬與量測比較圖 . . . . .	14	圖4.1第I型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	16
圖4.1第I型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	16	圖4.2第I型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	17
圖4.2第I型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	17	圖4.3第I型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	18
圖4.3第I型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	18	圖4.4第II型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	19
圖4.4第II型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	19	圖4.5第II型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	20
圖4.5第II型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	20	圖4.6第II型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	21
圖4.6第II型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	21	圖4.7第III型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	22
圖4.7第III型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	22	圖4.8第III型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	23
圖4.8第III型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	23	圖4.9第III型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	24
圖4.9第III型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	24	圖4.10第VI型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	25
圖4.10第VI型CSRR結構尺寸變化示意圖 . . . . .	25	圖4.11第VI型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	26
圖4.11第VI型CSRR之模擬與量測比較圖 . . . . .	26	圖4.12第VI型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	27
圖4.12第VI型CSRR結構之電路元件值與尺寸關係圖 . . . . .	27	圖4.13第I型CSRR結構實作圖 . . . . .	28
圖4.13第I型CSRR結構實作圖 . . . . .	28	圖4.14第II型CSRR結構實作圖 . . . . .	29
圖4.14第II型CSRR結構實作圖 . . . . .	29	圖4.15第III型CSRR結構實作圖 . . . . .	30
圖4.15第III型CSRR結構實作圖 . . . . .	30	圖4.16第IV型CSRR結構實作圖 . . . . .	31
圖4.16第IV型CSRR結構實作圖 . . . . .	31	圖5.1加入殘段後CSRR的(a)結構圖與(b)等效電路圖 . . . . .	32
圖5.1加入殘段後CSRR的(a)結構圖與(b)等效電路圖 . . . . .	32	圖5.2加入殘段的CSRR之電路與結構模擬比較圖 . . . . .	33
圖5.2加入殘段的CSRR之電路與結構模擬比較圖 . . . . .	33	圖5.3傳輸線等效模型圖 . . . . .	34
圖5.3傳輸線等效模型圖 . . . . .	34	圖5.4傳輸線偶模激發(a)電流分布與等效電路圖(b)集總原件示意圖 . . . . .	35
圖5.4傳輸線偶模激發(a)電流分布與等效電路圖(b)集總原件示意圖 . . . . .	35	圖5.5傳輸線奇模激發(a)電流分布與等效電路圖(b)集總原件示意圖 . . . . .	36
圖5.5傳輸線奇模激發(a)電流分布與等效電路圖(b)集總原件示意圖 . . . . .	36	圖5.6修正後加入殘段的CSRR之電	

路與結構模擬比較圖 . . . 38 圖5.7加入殘段的CSRR模擬與量測比較圖 . . . . . 39 圖5.8加入殘段的CSRR實作圖  
. . . . . 39 表目錄 表2.1極平坦低通濾波器原型中各元件值 . . . . . 6

## 參考文獻

- [1]D. M. Pozar, " Microwave Engineering, " Wiley & Sons, Inc. All rights reserved, 3rd Ch.8, 2003.
- [2]C. S. kim, Joe-Seok Park and Dal Ahm, " a Novel 1-D Periodic Defected Ground structure for planar circuits, " IEEE Micro. and Guided Wave Lett., Vol. 10, No. 4, April 2000.
- [3]R. Marques, F. Mesa, J. Martel, F. Medina, " Comparative Analysis of Edge- and Broadside- Coupled Split Ring Resonators for Metamaterial Design—Theory and Experiments, " IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.51, NO. 10, October 2003.
- [4]D. J. Jung and K. Chang, " Low-Pass Filter Design Through the Accurate Analysis of Electromagnetic- Bandgap Geometry on the Ground Plane, " IEEE Microwave Theory and Techniques, vol. 57, No. 7, pp. 1798-1805, July 2009.
- [5]D. Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, J. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, " A design of the low-pass filter using the novel microstrip defected ground structure, " IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 49, no. 1, pp. 86 – 93, Jan. 2001.
- [6]J.D. Baena, J. Bonache, F. Martin, R.M. Sillero, F. Falcone, T. Lopetegi, M.A.G. Laso, J. Garcia-Garcia, I. Gil, M.F. Portillo, M. Sorolla, " Equivalent-Circuit Models for Split-Ring Resonators and Complementary Split-Ring Resonators Coupled to Planar Transmission Lines, " IEEE Microwave Theory and Techniques, vol. 53, No. 4, April 2005.
- [7]F. Falcone, T. Lopetegi, M. A. G. Laso, J. D. Baena, J. Bonache, M. Beruete, R. Marques, F. Martin, and M. Sorolla, " Cabinet principle applied to metasurface and metamaterial design, " Phys. Rev. Lett., vol. 93, pp. 197 401(1) – 197 401(4), 2004.
- [8]R. Marques, J. D. Baena, F. Martin, J. Bonache, F. J. Falcone, T. Lopetegi, M. Beruete, and M. Sorolla, " Left-handed metamaterial based on dual split ring resonators in microstrip technology, " in Proc. Int. URSI Electromagnetic Theory Symp., Pisa, Italy, May 23 – 27, 2004, pp. 1188 – 1190.
- [9]R. Marques, F. Mesa, J. Martel, and F. Medina, " Comparative analysis of edge- and broadside-coupled split ring resonators for metamaterial design—Theory and experiment, " IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 51, no. 10, pp. 2572 – 2581, Oct. 2003.
- [10]R. Marques, F. Medina, and R. Rafii-El-Idrissi, " Role of bianisotropy in negative permeability and left handed metamaterials, " Phys. Rev. B, Condens. Matter, vol. 65, pp. 144 441(1) – 144 441(6), 2002.
- [11]J. D. Baena, J. Bonache, F. Martin, R. Marques, F. Falcone, T. Lopetegi, M. Beruete, M. A. G. Laso, J. Garcia – Garcia, F. Medina, and M. Sorolla, " Modified and complementary split ring resonators for metasurface and metamaterial design, " in Proc. 10th Bianisotropics Conf., Ghent, Belgium, 2004, pp. 168 – 171.
- [12]M. Gil, J. Bonache, J. Garcia-Garcia, J. Martel, F. Martin, " Composite Right/Left-Handed Metamaterial Transmission Lines Based on Complementary Split-Rings Resonators and Their Applications to Very Wideband and Compact Filter Design, " IEEE Microwave Theory and Techniques, vol. 55, No. 6, June 2007.